



ITS

Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR - TM 141585

**PERANCANGAN DAN PENERAPAN SISTEM
PEMELIHARAAN DENGAN METODE *RELIABILITY
CENTERED MAINTENANCE*
(STUDI KASUS: *AUTOMATIC BLOCK SUBSYSTEM
HARD CAPSULE MACHINE* PT. KAPSULINDO
NUSANTARA)**

**DELIA LISTIANA DEWI
NRP. 2113100012**

**Dosen Pembimbing
Ir. Witantyo, M.Eng.Sc.**

**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2018**



TUGAS AKHIR - TM 141585

**PERANCANGAN DAN PENERAPAN SISTEM
PEMELIHARAAN DENGAN METODE
RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE
(STUDI KASUS: *AUTOMATIC BLOCK
SUBSYSTEM HARD CAPSULE MACHINE* PT.
KAPSULINDO NUSANTARA)**

DELIA LISTIANA DEWI
2113 100 012

Dosen Pembimbing
Ir. Witantyo, M.Eng.Sc

Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2018



FINAL PROJECT - TM 141585

**DESIGN AND MAINTENANCE SYSTEM USING
RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE
METHOD
(CASE STUDY: AUTOMATIC BLOCK SUBSYSTEM
HARD CAPSULE MACHINE PT. KAPSULINDO
NUSANTARA)**

DELIA LISTIANA DEWI
2113 100 012

Student Advisor
Ir. Witantyo, M.Eng.Sc

Mechanical Engineering Department
Faculty of Industrial Engineering
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2018

**PERANCANGAN DAN PENERAPAN SISTEM
PEMELIHARAAN DENGAN METODE *RELIABILITY
CENTERED MAINTENANCE*
(STUDI KASUS: *AUTOMATIC BLOCK SUBSYSTEM HARD
CAPSULE MACHINE PT. KAPSULINDO NUSANTARA*)**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Program Studi S-1 Departemen Teknik Mesin
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

DELIA LISTIANA DEWI

NRP. 2113 100 012

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

- 1 Ir. Witantyo, M.Eng.Sc (Pembimbing)
NIP. 196303141988031002
- 2 Ir. Sampurno, MT (Penguji I)
NIP. 196504041989031002
- 3 Ari Kurniawan Saputra, ST, MT (Penguji II)
NIP. 198604012015041001
- 4 Dinny Harnany, ST, MSc (Penguji III)
NIP. 2100201405001



**SURABAYA
JANUARI, 2018**

**PERANCANGAN DAN PENERAPAN SISTEM
PEMELIHARAAN DENGAN METODE *RELIABILITY
CENTERED MAINTENANCE*
(STUDI KASUS: *AUTOMATIC BLOCK SUBSYSTEM HARD
CAPSULE MACHINE* PT. KAPSULINDO NUSANTARA)**

Nama Mahasiswa	: Delia Listiana Dewi
NRP	: 2113100012
Jurusan	: Teknik Mesin FTI-ITS
Dosen Pembimbing	: Ir. Witantyo, M.Eng.Sc

ABSTRAK

Produksi kapsul di PT. Kapsulindo Nusantara terbilang relatif tinggi. Kapsul di produksi dari bahan baku gelatin yang kemudian akan kirim ke berbagai industri dan distributor. Mesin yang digunakan oleh perusahaan adalah *hard capsule machine type R&J* yang dirancang untuk produksi secara kontinu. Kegiatan pemeliharaan mesin sangat penting dalam kelancaran proses produksi. Data yang diperoleh dari Departemen Pemeliharaan Mesin menunjukkan terdapat beberapa komponen pada subsistem mengalami kerusakan. Kerusakan pada subsistem tersebut menyebabkan kegagalan pada sistem dan kerja mesin akan terhenti. *Hard Capsule Machine D* akan dievaluasi dan dianalisa terkait tingginya frekuensi *downtime* pada mesin tersebut. Pada HCM D terdapat 7 subsistem di dalamnya yaitu terdiri dari *diping*, *upper deck*, *rear elevator*, *lower deck*, *table*, *automatic block*, dan *greaser*. Dari data yang didapatkan menunjukkan bahwa subsistem *automatic block* memiliki frekuensi *downtime* tertinggi diantara subsistem lainnya. Pada subsistem *automatic block* memiliki beberapa komponen didalamnya. Komponen-komponen yang akan dianalisa berdasarkan banyaknya frekuensi *downtime* dan tingginya waktu perbaikan yang terjadi pada komponen *slide bar*, *stripper*, *joiner block*, dan *cutter*.

Pada penelitian tugas akhir ini, beberapa komponen pada subsistem *automatic block* akan dianalisa dan dievaluasi dengan menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM). Komponen yang menjadi objek penelitian meliputi *slide bar*, *cutting*, *joiner block*, dan *stripper jaw*. Pemilihan empat komponen tersebut karena memiliki *downtime* yang relatif lebih tinggi di banding komponen lainnya. Data historis pada komponen tersebut akan diteliti semua penyebab dan efek dari kegagalan yang terjadi dengan menggunakan *RCM Information Worksheet*. Lalu permasalahan yang terjadi akan dianalisis penyebab kegagalannya dengan menggunakan *Fault Tree Analysis*. Efek dari kegagalan yang terjadi akan dianalisis konsekuensinya dengan menggunakan *RCM Decision Worksheet* yang kemudian dapat ditentukan sistem perancangan dan pemeliharaan yang sesuai pada setiap komponen.

Hasil menunjukan bahwa penyebab utama adanya *defect* pada kapsul dikarenakan terjadi kerusakan pada beberapa komponen antara lain *slide bar*, *stripper*, *joiner block*, dan *cutter*. Salah satu penyebab terjadinya kerusakan pada komponen karena sistem perawatan yang masih kurang tepat. Terdapat 4 kategori *maintenance task* yang telah direkomendasikan untuk 9 *failure* yaitu *scheduled on condition* task untuk *cheek stripper*, *failure finding* untuk *kiln*, *redesign* untuk *slide bar*, *joiner block*, *cutter* dan *no scheduled maintenance* untuk komponen *bushing stripper*, pegas *stripper*, *wedge bar stripper*, dan penekan *joiner block*. Pada hasil *redesign* yang akan dilakukan terhadap komponen *slide bar* yaitu dengan menambahkan mekanisme pelumasan sebelum *pin bar* tersebut masuk pada *slide bar*. Lalu *redesign* pada *joiner block* dengan menambahkan *nylon* pada mur agar mekanisme mur dan baut tidak longgar sehingga *joiner block* tidak bergeser. *Redesign* yang dilakukan pada *cutter* dengan menambahkan sisi tajam pada pisau sehingga dapat menurunkan waktu perbaikan pada komponen tersebut.

Kata kunci : *Hard Capsule Machine, Maintenance, Reliability Centered Maintenance*

**DESIGN AND MAINTENANCE SYSTEM
IMPLEMENTATION USING RELIABILITY CENTERED
MAINTENANCE METHOD
(STUDY CASE: AUTOMATIC BLOCK SUBSYSTEM
HARD CAPSULE MACHINE PT. KAPSULINDO
NUSANTARA)**

Student's Name : Delia Listiana Dewi
NRP : 2113100012
Department : Teknik Mesin FTI-ITS
Supervisor : Ir. Witantyo, M.Eng.Sc

ABSTRACT

Capsule production in PT. Kapsulindo Nusantara relatively high. Capsule produced from gelatin sent to various industry and distributor. The machine used by this company is hard capsule machine type R&J designed to produce continuously. Machine maintenance is really important for production process. Data acquired from Machine Maintenance Department shows that several components in hard capsule machine subsystem was damaged. The damage in the subsystem caused system failure and the machine will stop. HCM D will be evaluated and analyzed related to high frequency of that machine downtime. There are seven subsystem inside HCM D which consists of dipping, upper deck, rear elevator, lower deck, table, automatic block, and greaser. Data acquired showed that automatic block subsystem has highest downtime frequency amongst other subsystem. Automatic block subsystem has several components inside. These components will be analyzed based on downtime frequency and repair time to slide bar, stripper, joiner block and cutter components.

In this final project research, several components in automatic block subsystem will be analyzed and evaluated using Reliability Centered Maintenance (RCM) method. Components observed as research objects are slide bar, cutting, joiner block,

and stripper jaw. This four components were chosen because they have relatively high downtime than other components. Historical data on that components will be observed to find all the causes and effects of the failure that happens using RCM Information Worksheet. Then, the problem that caused failure analyzed using Fault Tree Analysis. The consequences of failure effects will be analyzed using RCM Decision Worksheet to later on decide the system and maintenance design appropriate for each component.

The result showed that main cause of the defect is damage in several components which are slide bar, stripper, joiner block, and cutter. One of the cause of components damage is improper maintenance system. There are 4 categories of maintenance task that recommended for 9 failure which are scheduled on condition task for cheek stripper, failure finding for kiln, redesign for slide bar, joiner block, cutter and no scheduled maintenance for bushing stripper, spring stripper, wedge bar stripper, and joiner block pusher. The redesign to slide bar will be done by adding lubrication mechanism before the pin bar gets into slide bar. Then, the redesign to joiner block will be done by adding nylon and nut so the nut and bolt mechanism will not be loosed that could cause joiner block moving. Redesign will also be done to cutter by adding sharp side to the blade so the repair time of the component will be reduced.

Keywords: *Hard Capsule Machine, Maintenance, Reliability Centered Maintenance*

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kehadiran Allah SWT atas karunia-Nya sehingga penulisan Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik. Tugas Akhir ini merupakan persyaratan untuk memperoleh gelar sarjana teknik bidang studi Rekayasa Sistem Industri jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Penulis sangat menyadari bahwa keberhasilan penulisan Tugas akhir ini tidak lepas dari dukungan dan bantuan dari berbagai dari berbagai pihak. Melalui kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu dan mendukung baik secara moril maupun materiil, yaitu kepada:

1. Suryaji dan Hani'atur Raichannah, kedua orang tua tercinta yang senantiasa memberi dukungan dan doa sehingga penulis mampu menyelesaikan perkuliahan di Teknik Mesin.
2. Ir. Witantyo, M.Eng.Sc. selaku dosen pembimbing Tugas Akhir yang telah membimbing dan memberikan arahan yang bermanfaat dalam penulisan Tugas Akhir.
3. Ari Kurniawan, ST, MT, Dinny Harnany, ST.,M.Sc dan Ir. Sampurno, MT. selaku dosen penguji yang telah memberikan saran dan kritik yang bermanfaat dalam penulisan Tugas Akhir.
4. Semua pihak di perusahaan PT. Kapsulindo Nusantara. yang telah membimbing penulis selama melakukan penelitian di perusahaan.
5. Dr. Agus Sigit Pramono, DEA. selaku dosen wali yang telah membimbing penulis selama perkuliahan di kampus Teknik Mesin.

6. Qolbiah Ainin S,Kom. sebagai sahabat yang banyak memberikan dukungan serta membantu penulis dalam mengerjakan Tugas Akhir ini.
7. Reza Arganata Nugraha, S.Ds. selaku sahabat yang selalu mendukung, memotivasi, mendoakan serta banyak membantu penulis dalam segala hal
8. Abyan Dzaki, ST. sebagai kawan serta senior yang sangat membantu selama perkuliahan di Teknik Mesin.
9. Nabillah Abubakar, S.KM. sebagai sahabat yang selalu memberikan motivasi serta dukungan selama mengerjakan Tugas Akhir.
10. Rekan-rekan satu bimbingan Tugas Akhir yang selalu membantu serta memberikan motivasi selama mengerjakan Tugas Akhir.
11. Rekan-rekan M56 yang telah bersama sama menjalani kehidupan di kampus Teknik Mesin
12. Seluruh warga Laboratorium Sistem Manufaktur yang telah membantu memberikan arahan dalam hal apapun.
13. Pihak-pihak lain yang telah membantu dalam penulisan Tugas Akhir ini yang tidak dapat disebutkan satu-persatu oleh penulis.

Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna, kritik dan saran yang dapat menyempurnakan penyusunan Tugas Akhir sangat diperlukan. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi.

Surabaya, Januari 2018

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL

LEMBAR PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR TABEL	xviii
BAB I.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	7
1.3 Tujuan Penelitian	7
1.4 Batasan Masalah	8
1.5 Manfaat Penelitian.....	8
BAB II	9
2.1 Proses Produksi Kapsul [3]	9
2.2 Sistem <i>Hard Capsule Machine</i>	11
2.2.1 Subsistem pada <i>Hard Capsule Machine</i>	12
2.3 <i>Automatic Block Subsystem</i>	15
2.4 Jenis – jenis <i>defect</i> pada kapsul	20
2.5 Perawatan (Maintenance)	23
2.5.1 Tujuan Perawatan.....	24

2.5.2 Jenis Perawatan	25
2.6 Reliability Centered Maintenance (RCM) ^[7]	26
2.6.1 Tujuan Reliability Centered Maintenance (RCM) ^[7]	26
2.6.2 Metode Penerapan Reliability Centered Maintenance (RCM) ^[8]	27
2.7 Analisis Penyebab dan Efek Kegagalan	35
2.8 Fault Tree Analysis	36
2.9 Analisa Maintenance Task	42
BAB III	45
3.1 Diagram Alir Penelitian	45
3.2 Metodologi Penelitian	46
3.2.1 Studi Lapangan, Studi Literatur, dan Tahap Identifikasi Permasalahan	47
3.2.2 Tahap Perumusan Masalah.....	47
3.2.3 Tahap Pengumpulan Data	48
3.2.4 Tahap Pengolahan Data.....	48
3.2.5 Deskripsi sistem	48
3.2.6 Pendefinisian Batasan Sistem dan <i>Block Diagram</i>	49
3.2.7 RCM <i>Information Worksheet</i>	49
3.2.8 Analisa Kegagalan dengan <i>Fault Tree Analysis</i>	49
3.2.9 RCM <i>Decision Worksheet</i>	49
3.2.10 Perancangan Kegiatan Pemeliharaan	49
3.2.11 Penarikan kesimpulan dan Rekomendasi	50

BAB IV	51
4.1 Sistem Pemeliharaan yang di terapkan pada Departemen Pemeliharaan PT. Kapsulindo Nusantara	52
4.2 Analisis <i>automatic block subsystem</i>	54
4.3 Analisis Penyebab dan Efek Kegagalan dengan <i>RCM Information Worksheet</i>	60
4.4 Analisis Kegagalan	71
4.5 Analisis <i>Maintenance Task</i>.....	71
4.6 Rekomendasi.....	74
4.7 Rekomendasi <i>Redesign</i>.....	77
4.7.1 <i>Slide bar</i>	77
4.7.2 Mur Pada <i>Joiner block</i>	84
4.7.3 <i>Cutter</i> (pisau)	87
BAB V.....	91
5.1 Kesimpulan	91
5.2 Saran	92
.....	94
DAFTAR PUSTAKA.....	95
LAMPIRAN.....	97
TENTANG PENULIS.....	101

(halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.2 Histogram frekuensi <i>downtime</i> pada 8 <i>Hard Capsule Machine</i> di PT. Kapsulindo Nusantara	3
Gambar 1.3 Pareto chart <i>downtime</i> pada tiap subsistem <i>Hard Capsule Machine D</i> untuk periode 1 Januari – 30 Juni 2017	4
Gambar 1.4 Histogram frekuensi <i>downtime</i> komponen subsistem <i>automatic block</i> pada <i>Hard Capsule Machine D</i> ..	5
Gambar 1.5 Histogram waktu <i>downtime</i> komponen subsistem <i>automatic block</i> pada <i>Hard Capsule Machine D</i> ..	6
Gambar 2.2 <i>Hard Capsule Machine D</i> pada PT. Kapsulindo Nusantara	12
Gambar 2.3 Automatic Block Subsystem pada Hard Capsule Machine D	16
Gambar 2.4 <i>Slide Bar</i>	17
Gambar 2.5 <i>Stripper</i>	18
Gambar 2.6 <i>Joiner block</i>	20
Gambar 2.7 Contoh kapsul sesuai standart	21
Gambar 2.8 Contoh beberapa <i>defect</i> pada kapsul	22
Gambar 2.9 <i>Basic Event</i>	37
Gambar 2.10 <i>Undeveloped event</i>	38
Gambar 2.11 <i>Conditioning event</i>	38
Gambar 2.12 <i>External event</i>	39
Gambar 2.13 <i>Intermediate event</i>	39
Gambar 2.14 Gerbang AND	40

Gambar 2.15 Gerbang OR.....	40
Gambar 2.16 Gerbang Inhibit.....	40
Gambar 2.17 Gerbang Exclusive OR.....	41
Gambar 2.18 Gerbang Priority AND	41
Gambar 2.19 <i>Transfer-in</i>	42
Gambar 2.20 <i>Transfer-out</i>	42
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.....	46
Gambar 4.1 Kegiatan perbaikan pada <i>joiner block</i>	53
Gambar 4.2 <i>Maintenance sheet</i>	54
Gambar 4.3 <i>Functional Block Diagram Hard Capsule Machine</i>	55
Gambar 4.4 <i>Automatic block subsystem</i>	56
(1) <i>Slide bar</i> (3) <i>Joiner block</i>	56
Gambar 4.5 Tampak depan <i>automatic block subsystem</i>	57
(2) <i>stripper</i> (4) <i>cutter</i>	57
Gambar 4.6 <i>Slide bar</i> aus	58
Gambar 4.7 Proses <i>stripping</i>	59
Gambar 4.8 <i>Cheek stripper</i> aus	59
Gambar 4.9 <i>Cutting bar</i>	60
Gambar 4.10 <i>Fault Tree Analysis Defect</i> pada kapsul	71
Gambar 4.11 <i>Stripper</i>	76
Gambar 4.12 <i>Slide Bar</i> dan <i>pin bar</i>	77
Gambar 4.13 Gambar teknik <i>Slide Bar</i>	78
Gambar 4.14 Tampak samping <i>slide bar</i> dan <i>pin bar</i>	78

Gambar 4.15 Keausan pada <i>slide bar</i>	79
Gambar 4.16 Desain mekanisme pelumasan pada <i>pin bar</i> ..	81
Gambar 4.17 Tampak samping <i>slide bar</i> dengan busa tanpa <i>moulding bracket</i> luar	82
Gambar 4.18 Tampak samping <i>slide bar</i> dengan busa menggunakan <i>moulding bracket</i> luar	82
Gambar 4.19 Desain <i>guider</i> pada mekanisme pelumasan ..	83
.....	85
Gambar 4.21 Gambar teknik <i>joiner bar</i>	85
Gambar 4.22 Tampak samping <i>joiner bar</i>	85
Gambar 4.23 Desain penambahan <i>nylon</i> pada mur <i>joiner</i> <i>block</i>	87
Gambar 4.24 Potongan <i>cutting bar</i>	88
Gambar 4.25 Desain pisau (<i>cutter</i>) baru	89

(halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 RCM Information Worksheet.....	36
Tabel 2. 2 RCM Decision Worksheet	42
Tabel 4.1 <i>Schedule Preventive Maintenance</i> pada <i>Hard Capsule Machine D</i> periode 2016.....	52
Tabel 4.2 RCM <i>Information Worksheet</i> pada komponen <i>stripper</i>	61
Tabel 4.3 RCM <i>Information Worksheet</i> pada komponen <i>joiner block</i>	65
Tabel 4.4 RCM <i>Information Worksheet</i> pada komponen <i>cutter</i>	67
Tabel 4.5 RCM <i>Information Worksheet</i> pada komponen <i>slide bar</i>	68
Tabel 4.6 RCM <i>Decision Worksheet</i> pada komponen <i>stripper</i>	72
Tabel 4.7 RCM <i>Decision Worksheet</i> pada komponen <i>joiner block</i>	73
Tabel 4.8 RCM <i>Decision Worksheet</i> pada komponen <i>cutter</i>	73
Tabel 4.9 RCM <i>Decision Worksheet</i> pada komponen <i>slide bar</i>	74
Tabel 4.10 Rekomendasi <i>Maintenance Task</i>	75

(halaman ini sengaja dikosongkan)

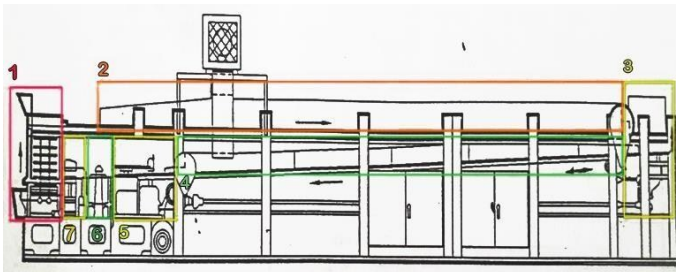
BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

PT. Kapsulindo Nusantara merupakan salah satu perusahaan yang bergerak di bidang pembuatan kapsul dari gelatin yang terus meningkatkan produksinya baik dalam hal kualitas maupun kuantitas produksi dari kapsul tersebut. Oleh karena itu perusahaan terus mengembangkan produksinya dengan menggunakan 8 mesin pembuat kapsul. Mesin yang digunakan adalah *hard capsule machine* type R&J. Terdapat 4 mesin buatan Kanada yaitu mesin A-D yang digunakan sejak tahun 1985. Sedangkan mesin E-H merupakan mesin buatan India yang digunakan sejak tahun 1990. Kedua mesin tersebut dirancang untuk memproduksi secara kontinu.

Sistem *hard capsule machine* bertugas untuk membuat kapsul mulai dari bahan dasar gelatin sampai menjadi kapsul yang utuh. Proses produksi kapsul secara umum terbagi menjadi 4 tahapan utama yaitu proses pencelupan, pengeringan, pemotongan, dan penggabungan. Pada proses produksi tersebut sangat bergantung pada sistem *hard capsule machine* [HCM].

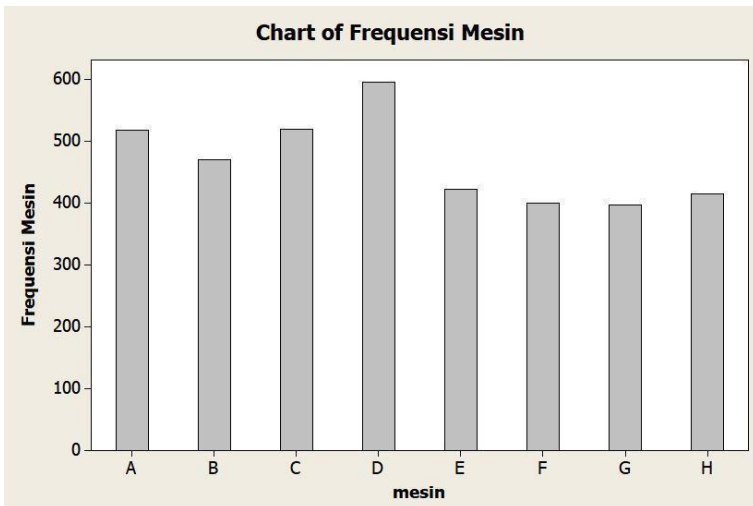


Gambar 1.1 Diagram skematik subsistem Hard Capsule Machine[1]

Pada gambar 1.1 dapat di lihat terdapat beberapa subsistem yang menunjang agar produksi dapat berjalan dengan baik. Proses awal untuk produksi kapsul yaitu meliputi proses pencelupan pada subsistem *dipping* di bagian nomor 1. Pada proses ini *pin bar* di celupkan pada larutan gelatin dan gelatin akan menempel pada *pin bar* secara otomatis. Setelah itu *pin bar* menuju ke *upper deck* untuk melalui proses pengeringan yang selanjutnya *pin bar* akan bergerak menuju *lower deck* untuk melalui proses pengeringan kedua dengan gerak turun menggunakan *rear elevator subsystem* pada bagian nomer 3. Setelah proses pengeringan kedua, *pin bar* bergerak menuju *table subsystem* untuk mempersiapkan ke proses berikutnya. *Pin bar* di dorong dengan menggunakan *rack bar pusher* menuju *automatic block subsystem* yang terdapat pada nomer 5. Pada subsistem ini dilakukan 3 proses sekaligus yaitu proses *stripping*, *cutting*, dan *joining* yang terdapat pada bagian nomer 6. Selanjutnya *pin bar* bergerak pada subsistem akhir yaitu melalui proses pelumasan *pin bar* setelah kapsul dicabut dari *pin bar* tersebut. Proses tersebut terjadi pada *greaser subsystem* dan proses tersebut akan berulang terus menerus.

PT. Kapsulindo Nusantara selalu melakukan aktifitas *maintenance* secara terjadwal maupun tidak terjadwal yang dilakukan oleh salah satu unit kerja yaitu Departemen Pemeliharaan Mesin. Kegiatan tersebut bertujuan untuk memaksimalkan peforma mesin agar dapat beroperasi dengan optimal. Proses pemeliharaan sangat dibutuhkan untuk mengatasi berbagai masalah yang sering terjadi terutama pada mesinmesin yang beroperasi secara kontinu. Menurut data Departemen Pemeliharaan Mesin PT. Kapsulindo Nusantara, terdapat beberapa komponen yang menyusun sistem *hard capsule machine* sering mengalami kerusakan yang dapat menyebabkan terjadinya kegagalan pada system *hard capsule machine* yang berdampak pada penurunan produksi kapsul. Maka dari itu perlu dilakukannya evaluasi pada sistem perawatan untuk mengurangi kerusakan pada komponen-komponen HCM.

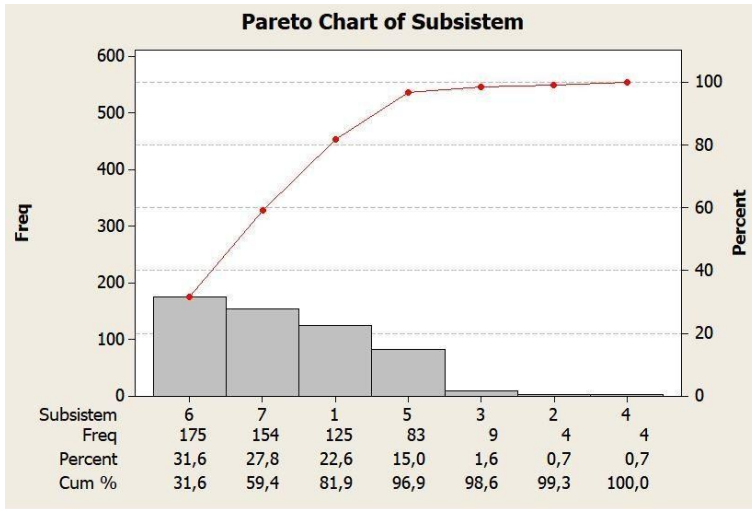
Menurut data dari Departemen Pemeliharaan Mesin PT. Kapsulindo Nusantara pada awal tahun 2017 hingga pertengahan tahun 2017, mesin mengalami perawatan yang cukup banyak sehingga mengakibatkan terganggunya proses produksi kapsul. Data frekuensi *downtime hard capsule machine* pada periode Januari 2017 sampai dengan Juni 2017 dapat dilihat pada gambar 1.2.



Gambar 1.2 Histogram frekuensi *downtime* pada 8 *Hard Capsule Machine* di PT. Kapsulindo Nusantara

Pada gambar 1.2 menunjukkan frekuensi *downtime* dari 8 mesin identik yang dimiliki oleh PT. Kapsulindo Nusantara. Dapat dilihat bahwa *Hard Capsule Machine* yang memiliki frekuensi *downtime* paling tinggi yaitu pada mesin D dengan *downtime* sebanyak 596 kali dalam 6 bulan sehingga objek penelitian difokuskan pada mesin tersebut. Pada mesin HCM tersebut dibagi menjadi 7 subsistem yaitu *dipping*, *upper subsistem*, *rear elevator*, *lower subsistem*, *table*, *block*

automatic, dan *greaser*. Banyaknya *downtime* di setiap subsistem tersebut berpengaruh terhadap *downtime* HCM itu sendiri sehingga dilakukannya pengambilan data *downtime* dari tiap subsistem.

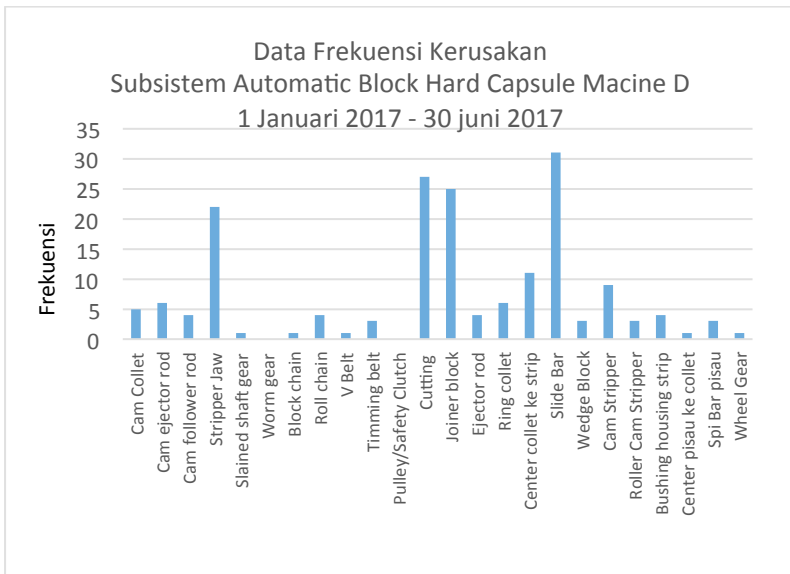


Gambar 1.3 Pareto chart *downtime* pada tiap subsistem *Hard Capsule Machine D* untuk periode 1 Januari – 30 Juni 2017

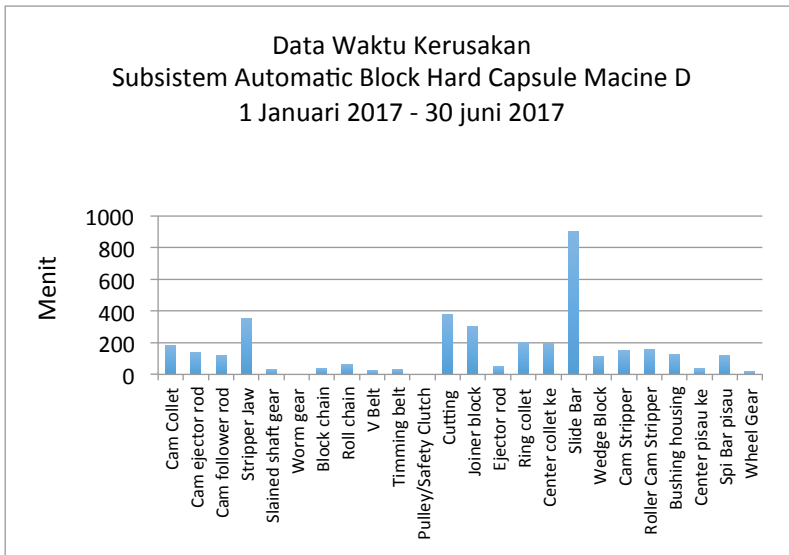
Keterangan :

1. *Dipping Subsystem*
2. *Upper Deck Subsystem*
3. *Rear Elevator Subsystem*
4. *Lower Deck Subsystem*
5. *Table Subsystem*
6. *Automatic Block Subsystem*
7. *Greaser Subsystem*

Gambar 1.3 merupakan pareto *chart* frekuensi *downtime* mesin yang sudah dikelompokan berdasarkan subsistemnya. Dapat dilihat bahwa penyumbang *downtime* terbanyak disebabkan oleh subsistem 6 yaitu *block automatic subsystem*. Sehingga penelitian difokuskan pada subsistem tersebut. Subsistem 6 memiliki beberapa komponen yang menunjang terjadinya *downtime*. Berikut data *downtime* komponen pada subsistem 6.



Gambar 1.4 Histogram frekuensi *downtime* komponen subsistem *automatic block* pada *Hard Capsule Machine D*



Gambar 1.5 Histogram waktu *downtime* komponen subsistem *automatic block* pada *Hard Capsule Machine D*

Gambar 1.4 merupakan data banyaknya *downtime* komponen pada subsistem 6. Pada grafik dapat dilihat bahwa komponen yang relatif memiliki *downtime* tinggi yaitu *slide bar* (AH), *cutting* (TZ), *joiner block* (AB), dan *stripper jaw* (AF). Pada komponen *slide bar* (AH) memiliki *downtime* paling tinggi sehingga pada penelitian ini menganalisa lebih dalam pada komponen tersebut. Pada gambar 1.5 merupakan data waktu *downtime* pada subsistem *automatic block* dimana terlihat bahwa *slide bar* memiliki waktu yang cukup lama untuk perbaikan.

Penelitian mengenai komponen *slide bar* pada PT. Kapsulindo Nusantara dengan menggunakan metode RCM sudah diteliti oleh salah satu mahasiswa teknik mesin tahun 2011^[2]. Pada penelitian tersebut didapatkan tindakan *redesign* dalam rekomendasi pemeliharaan yang tepat. Rekomendasi diterima oleh perusahaan dan beberapa mesin sudah menggunakan

redesign baru dengan hasil dapat menurunkan *downtime* mesin. Namun setelah dilihat pada data periode 1 januari – 30 juni 2017, komponen tersebut masih memiliki *downtime* yang relatif tinggi dibanding komponen lainnya. Maka dari itu perlu adanya analisa kembali terkait kegiatan pemeliharaan yang tepat pada komponen tersebut. Selain itu, pada penelitian ini juga akan di fokuskan pada komponen *cutting*, *joiner block*, dan *stripper jaw*.

Permasalahan terkait tingginya frekuensi kerusakan yang terjadi di komponen *hard capsule machine* khususnya pada subsistem F dapat diselesaikan dengan membuat kegiatan pemeliharaan yang tepat. Pada Tugas Akhir ini akan dilakukan penelitian untuk merancang kegiatan pemeliharaan yang tepat dengan menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM). Beberapa komponen pada subsistem F yang menjadi penyebab relatif besar pada *downtime* sistem *hard capsule machine* akan dianalisa penyebab dan efek kegagalannya. Dari hasil analisa tersebut akan di teliti konsekuensi dari kegagalan yang terjadi untuk kemudian ditentukan *maintenance task* yang tepat. *Maintenance task* yang tepat diharapkan dapat menurunkan *downtime* mesin.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan sebelumnya, maka permasalahan yang akan di bahas dalam Tugas Akhir ini adalah bagaimana menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) dalam perancangan kegiatan perawatan pada subsistem *automatic block* pada *hard capsule machine* untuk menurunkan *downtime* mesin.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari dilakukannya penelitian ini dengan mengacu pada rumusan masalah yang telah diuraikan yaitu untuk

mendapatkan rekomendasi perancangan kegiatan perawatan dan modifikasi terhadap komponen yang terdapat di subsistem *automatic block* pada *hard capsule machine* dengan menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) untuk menurunkan *downtime* mesin.

1.4 Batasan Masalah

Dalam pengerjaan tugas akhir ini terdapat beberapa batasan masalah dan ruang lingkup penelitian sebagai berikut :

1. Data yang digunakan adalah historis *downtime hard capsule machine* pada tanggal 01 Januari 2017 hingga 30 juni 2017
2. Sistem yang diteliti adalah *hard capsule machine* D
3. Subsistem yang diteliti adalah *block automatic subsystem*

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui faktor-faktor penyebab terjadinya *downtime* di subsistem *automatic block* pada *hard capsule machine*.
2. Sebagai sarana untuk mengevaluasi dan memperbaiki sistem perawatan pada *hard capsule machine* khususnya di subsistem *automatic block*.
3. Memberikan saran dan rekomendasi kepada perusahaan dalam melakukan kegiatan perawatan yang tepat pada *hard capsule machine* yang diharapkan dapat menurunkan *downtime* produksi.
4. Memberikan informasi kepada mahasiswa mengenai metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) dan implementasinya dalam dunia industri

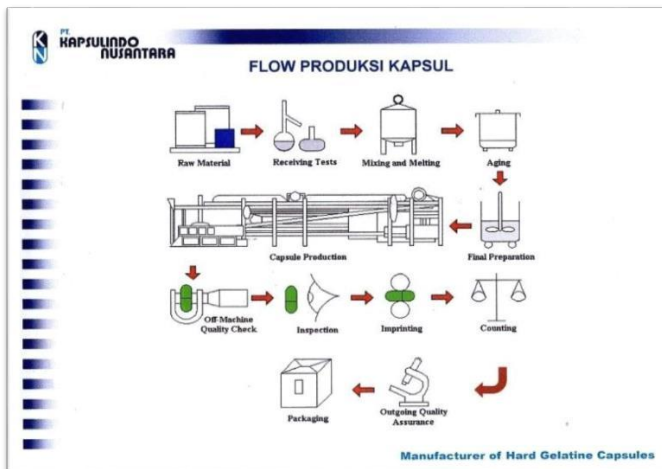
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

Pada bab ini akan dibahas mengenai tinjauan pustaka yang akan digunakan sebagai acuan dalam melakukan penelitian, sehingga permasalahan yang diangkat dapat diselesaikan dengan baik. Tinjauan pustaka yang digunakan berdasarkan permasalahan yang dihadapi pada *hard capsule machine* pada proses produksi kapsul yang akan diselesaikan dengan *metode reliability centered maintenance*.

2.1 Proses Produksi Kapsul [3]

Proses produksi kapsul di PT. Kapsulindo Nusantara secara umum dibagi menjadi 5 tahapan. Dimulai dari bahan baku gelatin hingga menjadi kapsul yang siap dikirim. Berikut adalah skema beserta tahapan proses produksi pembuatan kapsul.



Gambar 2.1 Alur Proses Produksi Kapsul[3]

Pada gambar 2.1 dapat dilihat bahwa di dalam proses pembuatan kapsul dari unit bahan baku hingga proses pengemasan kapsul harus melalui beberapa tahapan. Berikut adalah penjelasan tahapan-tahapan pada proses pembuatan kapsul.

i. Tahap bahan baku

Tahapan ini adalah proses awal dari pembuatan kapsul. Bahan baku berupa gelatin mentah disimpan di unit bahan baku dan dipersiapkan untuk kemudian akan di olah pada tahapan berikutnya.

ii. Tahap persiapan bahan

Pada tahapan ini dilakukan serangkaian uji pada gelatin mentah yaitu uji fisik, uji kimia, dan uji mikrobiologi. Setelah gelatin tersebut lolos uji, selanjutnya bahan baku gelatin mentah akan dicampur dengan berbagai macam bahan antara lain yaitu air, surfactant, bahan pengawet metil paraben dan propil paraben.

Kemudian gelatin didiamkan beberapa saat dan di tambahkan dengan titanium dioksida (TiO_2) dan pewarna makanan sesuai dengan yang diinginkan.

iii. Tahap produksi

Larutan gelatin dari unit persiapan bahan akan diolah hingga menjadi kapsul utuh yang terdiri dari *cap* dan *body*. Pada tahapan produksi gelatin akan melalui beberapa proses yaitu *dipping process* yang merupakan proses pencelupan *pin bar* ke dalam larutan gelatin. Lalu proses pengeringan (*drying process*) dimana larutan gelatin yang sudah menempel pada *pin bar* dikeringkan dan menuju proses pencabutan (*stripping process*). Pada proses ini gelatin yang sudah kering dicabut dari *pin bar* dengan menggunakan *stripper*. Kemudian masuk pada proses pemotongan (*cutting process*) dimana sisa dari hasil pencabutan kapsul tersebut akan di potong dan dirapikan. Selanjutnya pada proses terakhir yaitu proses penggabungan (*joining process*)

dimana gelatin yang sudah berbentuk kapsul akan digabungkan antara *cap* dengan *body*.

iv. Tahap *quality control*

Pada tahap ini akan dilakukan pengujian dan inspeksi kapsul yang sudah jadi. Kapsul harus memenuhi standar tebal, panjang, dan kadar air yang sudah ditentukan. Setelah kapsul tersebut lolos uji kemudian kapsul akan diberi label dan di cek ulang untuk memastikan bahwa kapsul siap untuk dikemas.

v. Tahap pengemasan kapsul

Kapsul yang sudah siap dikemas akan dimasukkan kedalam kemasan plastic khusus. Kemudian kemasan tersebut akan di vacum untuk meminimalisir kandungan udara yang berada didalam kemasan. Kapsul yang sudah dikemas akan disemprotkan gas sterilisasi dan kemasan di seal. Kapsul yang sudah dikemas dengan baik dimasukkan ke dalam dus dan siap untuk dikirim ke berbagai distributor.

2.2 Sistem *Hard Capsule Machine*

Hard capsule machine atau yang biasa disebut dengan HCM digunakan untuk proses produksi kapsul dari mulai pencelupan hingga menjadi kapsul utuh. Mesin ini digunakan secara kontinu atau terus menerus sehingga peranannya sangat penting untuk perusahaan. Berikut adalah gambar beserta spesifikasi *hard capsule machine* tipe D pada PT. Kapsulindo Nusantara yang akan digunakan untuk penelitian ini.



Gambar 2.2 *Hard Capsule Machine D* pada PT. Kapsulindo Nusantara

Spesifikasi *hard capsule machine* tipe D meliputi:

✚	Buatan	: Kanada
✚	Tipe mesin	: R&J
✚	Kapasitas	: 45.000 kapsul/jam
✚	Penggerak utama	: Spiral bevel pinion
✚	Power motor drive	: 5 HP – 955 rpm, 380 volt

2.2.1 Subsistem pada *Hard Capsule Machine*

Sistem *Hard Capsule Machine* dibagi menjadi 7 subsistem yaitu *dipping*, *upper deck*, *rear elevator*, *lower deck*, *table*, *block automatic*, dan *greaser*. Pada masing-masing subsistem memiliki peranan dalam proses produksi kapsul. Berikut penjelasan untuk tiap subsistem pada *hard capsule machine*.

1. *Dipping subsystem*

Pada subsistem ini akan terjadi proses pencelupan. *Pin bar* dicelupkan kedalam larutan gelatin yang sudah disiapkan. Pada satu kali proses pencelupan terdapat 6 buah

pin bar dan di satu buah *pin bar* terdapat 30 pin cetakan *body* atau *cap* kapsul. Ketika dicelupkan, gelatin akan menempel pada setiap *pin* dan *pin bar* akan dibawa ke bagian *dipping subsystem* atas dengan menggunakan *dish elevator*. *Dish elevator* akan berputar selama proses menaikkan *pin bar* dengan tujuan agar cairan gelatin tidak menetes dan distribusi ketebalan kapsul merata diseluruh permukaan. Kemudian *pin bar* dibawa menuju *upper deck subsystem* untuk proses pengeringan dengan didorong oleh *arm spinner*.

2. *Upper Deck Subsystem*

Pada subsistem terjadi proses pengeringan. *Pin bar* dari proses pencelupan masuk ke bagian *upper deck subsystem* sebanyak 6 buah *pin bar* pada satu kali penerimaan. Kemudian *pin bar* itu akan dikumpulkan hingga sebanyak 24 buah dan didinginkan oleh *hood*. *Hood* bertugas untuk mengeluarkan udara dingin dengan suhu 16°C . Hal ini bertujuan agar kapsul dapat melekat pada *pin bar* dengan baik. Kemudian *pin bar* sebanyak 24 buah itu akan masuk melewati *upper deck* sepanjang 11 meter yang terdapat 2 *kiln* didalamnya. *Pin bar* akan melewati *kiln* 1 dengan suhu 28°C lalu *kiln* 2 dengan suhu 29°C .

3. *Rear Elevator Subsystem*

Setelah melewati proses pengeringan pertama di *upper deck subsystem*, *pin bar* akan dipindahkan menuju *lower deck subsystem* untuk proses pengeringan kedua. Pada *rear elevator subsystem* ini berfungsi sebagai pemindah dari *upper deck* menuju *lower deck*. *Table rear elevator* akan bergerak naik dengan kecepatan tertentu untuk menerima 24 buah *pin bar* dalam satu kali penerimaan dari *upper deck subsystem*, kemudian akan turun untuk membawa *pin bar* ke *lower deck subsystem*.

4. *Lower Deck Subsystem*

Setelah *pin bar* masuk pada lower subsystem, *pin bar* akan melalui proses pengeringan tahap kedua. *Pin bar* akan melewati *lower deck* sepanjang 10 yang memiliki 2 *kiln* di dalamnya yaitu *kiln 3* dan *kiln 4*. Pada *kiln 3* memiliki suhu 27°C sedangkan *kiln 4* memiliki suhu 24°C.

5. *Table Subsystem*

Subsistem ini berfungsi untuk menerima 24 buah *pin bar* (1set) dan mempersiapkan pada proses berikutnya. Gelatin yang telah selesai dikeringkan akan diterima oleh *table* sebanyak 24 buah *pin bar* dalam satu kali penerimaan. Kemudian *pin bar* tersebut akan masuk pada *elevator* tengah. Satu persatu *pin bar* akan menuju *rack bar pusher sector* dengan menggunakan rantai di setiap sisi *elevator* tengah. Lalu *pin bar* tersebut akan didorong dengan *rack bar pusher* menuju *slide bar* pada *automatic block subsystem*.

6. *Block Automatic Subsystem*

Pada subsistem ini dilakukan 3 proses sekaligus yaitu pencabutan (*stripping*), pemotongan (*cutting*), dan penggabungan (*joining*). Pada subsistem ini kapsul *cap* dan *body* dicabut dari pin dengan menggunakan stripper lalu dipotong sesuai dengan panjang yang sudah ditentukan. Kemudian kapsul *cap* dan *body* digabungkan dengan bantuan *collet* dan *joiner block*. Kapsul yang sudah menjadi kapsul utuh akan dibawa *conveyor* menuju tempat yang sudah disediakan.

7. *Greaser Subsystem*

Pada subsistem ini akan terjadi proses terakhir yaitu proses pelumasan *pin bar* dengan parafin dan lestinis. *Greaser* akan bergerak maju menuju *pin bar* yang berada pada *slide bar*. Sedangkan *shell greaser* akan terus berputar

selama proses pelumasan. Putaran pada *shell greaser* bertujuan agar seluruh sisi *pin* pada *pin bar* dapat terlapisi dengan merata. Setelah proses pelumasan, *pin bar* akan dicelupkan kembali ke larutan gelatin pada *dipping subsystem*. Dan proses akan berulang secara terus-menerus.

2.3 Automatic Block Subsystem

Automatic block subsystem adalah salah satu subsistem yang memiliki 3 proses utama sekaligus yaitu proses pencabutan, proses pemotongan dan proses penggabungan. Proses awal pada subsistem ini yaitu *pin bar* di dorong oleh *rack bar pusher* yang terdapat pada *table subsystem* dan masuk pada *slide bar* untuk melalui proses awal yaitu *stripping*. *Stripping* merupakan proses pencabutan kapsul dari *pin bar* oleh *stripper*. Setelah itu kapsul tersebut terlepas dari pin bar, kapsul akan dipotong oleh pisau dengan panjang sesuai yang sudah ditentukan. Kapsul cap dan body tersebut akan di gabungkan dengan bantuan *joiner block* yang berguna untuk memastikan masing-masing *collet* tersebut berada tepat di tengah agar proses penggabungan berjalan dengan baik. Pada penelitian ini akan dianalisa lebih dalam pada subsistem *automatic block* karena subsistem tersebut memiliki frekuensi *downtime* yang cukup tinggi



Gambar 2.3 Automatic Block Subsystem pada Hard Capsule Machine D

Pada subsistem ini memiliki beberapa komponen yang sangat menunjang kerja dari ketiga proses tersebut. Namun komponen-komponen tersebut memiliki tingkat frekuensi *downtime* yang cukup banyak. Komponen – komponen tersebut yaitu antara lain:

1. *Slide bar*

Slide bar merupakan komponen pembantu pada proses pencabutan kapsul. *Pin bar* akan di dorong oleh *rack bar pusher* dan masuk pada *slide bar* yang gunanya sebagai pemegang *pin bar* ketika kapsul tersebut dicabut. Permasalahan yang terjadi pada *slide bar* di *hard capsule machine* D yaitu adanya keausan pada sisi *slide bar*. Penyebab keausan salah satunya yaitu seringnya terjadi

gesekan antara *slide bar* dengan *pin bar*. Akibatnya ketika proses *stripping* atau pencabutan tidak berjalan dengan baik karena posisi *pin* tidak tepat ditengah *stripper*. Sehingga menyebabkan banyak terjadi *defect* pada kapsul. Perawatan yang saat ini dilakukan oleh perusahaan mengenai slide bar yaitu dengan mengganti part dari slide bar yang aus secara terjadwal maupun tidak.



Gambar 2.4 Slide Bar

2. *Stripper*

Stripper berfungsi untuk menjepit kapsul dan melepaskannya dari *pin bar*. *Pin bar* tersebut akan masuk pada *slide bar* dan ditahan. Lalu *stripper* akan maju mendekati *pin bar* dan mencabut kapsul pada *pin-pin* tersebut. Posisi *pin bar* harus tegak agar proses pencabutan dapat berjalan baik. Setelah kapsul dicabut, kapsul tersebut akan masuk pada sebuah *shell* atau silinder yang disebut dengan *collet*. Didalam *collet* kapsul akan diatur panjangnya oleh *rod* sebelum proses pemotongan. Setelah itu *ejector rod* akan mendorong kapsul keluar sesuai dengan panjang yang telah

ditentukan untuk kemudian akan dipotong. *Collet* ini yang akan memegang kapsul untuk masuk ke proses berikutnya. Jumlah *stripper* disamakan dengan jumlah *pin* pada *pin bar* tersebut yaitu 30 buah. Pada *stripper* sering terjadi patah pada ujung *stripper*. Sebagian besar penyebab patah karena posisi *pin* yang tidak tepat berada ditengah sehingga menimbulkan benturan atau gesekan yang terus menerus. Akibat yang terjadi dari kerusakan tersebut yaitu proses pencabutan yang tidak berjalan baik dan menyebabkan banyak *defect* pada kapsul. Metode perawatan yang digunakan saat ini yaitu penggantian *stripper* secara terjadwal. Namun sering terjadi penggantian *stripper* diluar jadwal atau ketika *stripper* tersebut terjadi patah atau aus. Penggantian *stripper* tersebut membutuhkan waktu yang cukup lama dan menyebabkan *downtime* mesin yang semakin tinggi.



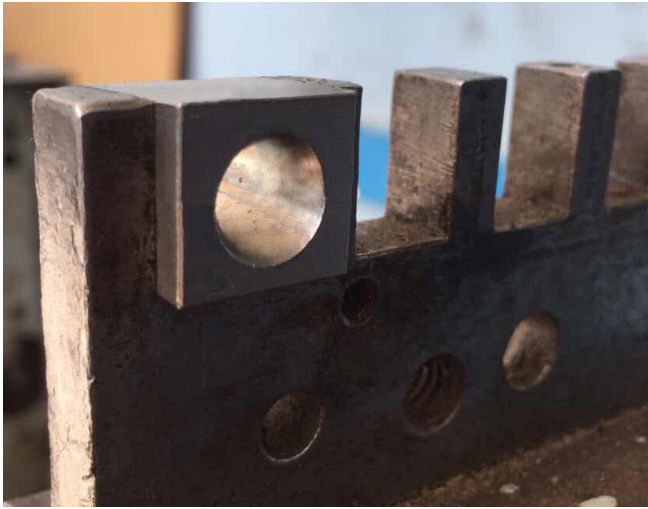
Gambar 2.5 *Stripper*

3. *Cutting*

Cutting atau pisau adalah komponen yang berguna untuk memotong sisa hasil pencabutan kapsul. Kapsul dipegang oleh *collet* dan sisa kapsul yang keluar dari *collet* akan dipotong dengan panjang yang sudah ditentukan oleh perusahaan. Panjang *cap* 11.50 mm – 12.50 mm dan untuk *body* 19.50 mm – 20.50 mm tergantung pada ukuran kapsul yang diinginkan. Pisau atau *cutting bar* akan diganti setiap satu minggu sekali karena pisau tersebut harus selalu tajam agar hasil proses pemotongan baik dan sesuai yang diinginkan.

4. *Joiner Block*

Setelah proses pemotongan, kapsul masuk pada proses penggabungan. Penggabungan kapsul *cap* dan *body* dibantu oleh komponen *joiner block*. *Joiner block* ini berfungsi untuk memastikan masing-masing *collet* tersebut berada tepat di tengah agar proses penggabungan berjalan dengan baik. Pada *hard capsule machine D*, *joiner block* sering mengalami *downtime* mesin meskipun waktu yang dibutuhkan tidak terlalu lama. *Downtime* mesin itu terjadi karena posisi *joiner block* sering mengalami pergeseran. Pergeseran tersebut terjadi karena adanya getaran pada mesin sehingga proses penggabungan tidak berjalan baik dan menyebabkan *defect* pada kapsul.



Gambar 2.6 *Joiner block*

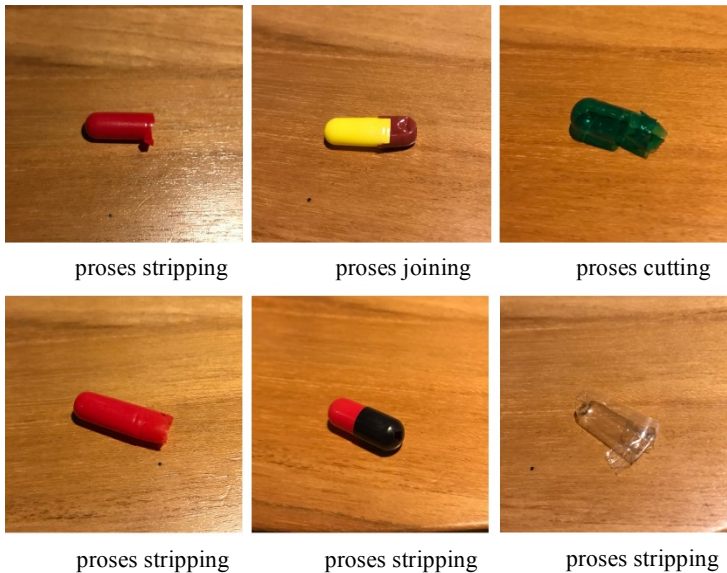
2.4 Jenis – jenis *defect* pada kapsul

Proses produksi kapsul di PT. Kapsulindo Nusantara cukup tinggi dengan menggunakan 8 *hard capsule machine* yang memproduksi selama 24 jam tanpa henti dengan kapasitas produksi sebanyak 750 kapsul/menit. Perusahaan memiliki standart khusus untuk hasil kapsul yang telah di produksi.



Gambar 2.7 Contoh kapsul sesuai standart

Pada gambar 2.7 merupakan hasil produksi kapsul yang diharapkan oleh perusahaan dengan standart yang telah terpenuhi. Namun produksi kapsul yang dilakukan selama ini masih cukup banyak menghasilkan *defect* pada kapsul. *Defect* tersebut dikarenakan adanya kerusakan pada komponen *hard capsule machine*. Perusahaan sudah mengklasifikasikan beberapa penyebab terjadinya *defect* pada kapsul. Dari data Departemen Pemeliharaan Mesin, *defect* kapsul banyak disebabkan oleh komponen pada *automatic block subsystem*. Komponen yang sangat mempengaruhi *defect* dari kapsul-kapsul tersebut yaitu antara lain *slide bar*, *cutting/pisau*, *stipper*, *joiner block*. Sedangkan penyebab dari subsistem lain sering terjadi pada *greaser subsystem* karena pembersihan dan pelumasan pin bar yang kurang baik. Pada *dipping subsystem* juga dapat menjadi penyebab *defect* kapsul karena distribusi atau ketebalan kapsul hasil dari proses pencelupan pin pada gelatin kurang baik.



Gambar 2.8 Contoh beberapa *defect* pada kapsul

Pada gambar 2.8 merupakan contoh *defect* pada kapsul yang memiliki karakteristik tersendiri berdasarkan kerusakan pada komponennya. *Defect* pada kapsul tersebut digunakan untuk mendeteksi kerusakan yang terjadi pada komponen *hard capsule machine* dengan ciri-ciri *defect* pada kapsul tersebut. Pada gambar terlihat bahwa kapsul mengalami beberapa *defect* yang disebabkan oleh kegagalan pada proses *stripping*, *cutting*, maupun *joining*. Kegagalan yang terjadi pada proses *stripping* disebabkan adanya kerusakan pada komponen yaitu antara lain terjadinya aus pada *cheek stripper*, *bushing*, atau *wedge bar*. Selain itu juga dapat disebabkan karena adanya keausan pada *slide bar* sehingga stripper tidak tegak lurus dengan *stripper* dan saat proses pencabutan kapsul dapat tergores oleh *stripper*. Kemudian *defect* kapsul dapat terjadi akibat kegagalan pada

proses *cutting* yaitu disebabkan karena pisau kurang tajam sehingga kapsul tidak terpotong dengan baik. *Defect* pada kapsul juga dapat disebabkan karena proses *joining* yang tidak berjalan baik akibat bergesernya *joiner block*.

2.5 Perawatan (Maintenance)

Perawatan merupakan kegiatan yang dilakukan untuk menjaga, memperbaiki, mengganti ataupun memodifikasi suatu komponen atau sistem agar tetap dalam keadaan yang dapat diterima menurut standar yang berlaku.^[4] Suatu komponen atau sistem yang bekerja terus menerus akan mengalami penurunan kinerja dan keandalan. Perawatan ini bertujuan untuk menjaga atau memperbaiki agar komponen tersebut dapat berfungsi seperti spesifikasi yang diinginkan dalam waktu dan kondisi tertentu. Kegiatan perawatan dan pemeliharaan merupakan hal yang penting dalam sebuah proses produksi. Perawatan yang diterapkan kepada setiap komponen dapat berbedabeda sesuai dengan karakteristik komponen yang tersedia. Jika suatu komponen diberikan perawatan yang tidak sesuai dengan karakteristiknya maka salah satu penyebabnya akan mengakibatkan mesin mengalami *downtime*, proses produksi terhenti sehingga perusahaan mengalami kerugian. Penelitian-penelitian mengenai penentuan jenis perawatan komponen umumnya dilakukan untuk memperoleh nilai seminimum mungkin terkait dengan perawatan.

Penelitian yang menggunakan metode RCM yaitu Perencanaan Pemeliharaan Mesin *Ballmill* dengan Basis RCM (*Reliability Centered Maintenance*)^[5]. Pada penelitian ini dilakukannya analisa data historis kerusakan pada mesin *ballmill*. Kemudian melakukan tahap *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) yang merupakan kegiatan identifikasi kegagalan dari suatu komponen yang dapat menyebabkan kegagalan fungsi dari sistem. Selanjutnya tahap *Fault Tree Analysis* (FTA) yaitu metode dengan melakukan analisa kualitatif dan *Logic Tree Analysis* yaitu diagram alir proses klasifikasi model pemeliharaan

yang sesuai sehingga dapat ditentukan perawatan yang tepat pada setiap komponen.

Penelitian lain dalam penggunaan metode RCM yaitu *Reliability Centered Maintenance Methodology for Goliath Crane of Transmission Tower*^[6]. Pada penelitian ini digunakan RCM *Information Worksheet* yang berisi fungsi, kegagalan fungsi, modus kegagalan, dan efek kegagalan pada setiap subsistem. Kemudian dari data *information worksheet* tersebut digunakan dalam RCM *Decision Worksheet* untuk menentukan *maintenance task* yang tepat pada setiap modus kegagalan..

Pada tugas akhir ini akan ditentukan *maintenance task* yang tepat berdasarkan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM). Komponen yang sering terjadi kerusakan akan diidentifikasi penyebab kegagalannya dan kemudian akan ditentukan cara mengatasi masalah yang terjadi pada komponen tersebut. Semua subsistem *automatic block* dalam sistem *hard capsule machine* akan dievaluasi untuk menentukan penyebab kegagalannya. Tujuan penelitian tugas akhir ini diharapkan dapat menentukan *maintenance task* yang tepat pada komponen *hard capsule machine* sehingga aktifitas perawatan dapat berjalan dengan baik serta dapat mengurangi waktu *downtime* pada proses produksi

2.5.1 Tujuan Perawatan

Tujuan dilakukan tindakan perawatan adalah sebagai berikut :

1. Menjamin ketersediaan, keandalan fasilitas (mesin dan peralatan) secara ekonomis maupun teknis
2. Memperpanjang umur pakai fasilitas
3. Menjamin keselamatan, keamanan dari pengguna yang berada dalam lingkungan proses produksi.
4. Menjamin kesiapan operasional dari seluruh fasilitas yang diperlukan dalam keadaan darurat

2.5.2 Jenis Perawatan

Secara garis besar kegiatan perawatan (*maintenance*) dapat dikategorikan kedalam dua jenis, yaitu:

1. Pemeliharaan pencegahan (*Preventive Maintenance*)
2. Pemeliharaan korektif (*Corrective Maintenance*)

2.5.2.1 *Preventive Maintenance*

Preventive maintenance merupakan kegiatan perawatan dan pemeliharaan yang dilakukan untuk mencegah terjadinya kerusakan-kerusakan yang tidak terduga. Perawatan ini dilakukan sebelum terjadinya kegagalan. *Preventive maintenance* sangat efektif dalam menghadapi komponen atau sistem yang termasuk dalam *critical unit* apabila konsekuensi dari kegagalan tersebut dapat membahayakan keselamatan dari pekerja dan mempengaruhi kualitas produk yang di hasilkan, menyebabkan kemacetan pada seluruh aktifitas produksi dan modal yang ditanamkan untuk fasilitas tersebut relatif besar.

2.5.2.2 *Corrective Maintenance*

Corrective maintenance merupakan kegiatan pemeliharaan atau perawatan yang tidak direncanakan yang bertujuan untuk mengembalikan performansi kerja atau kemampuan peralatan ke kondisi semula. Tindakan yang dilakukan berupa penggantian komponen, perbaikan kecil, dan perbaikan besar pada akhir periode tertentu (*overhaul*). Perawatan ini dilakukan karena terdapat kinerja sistem yang tidak sesuai dengan standar yang ada. Pada dasarnya suatu perusahaan harus memiliki strategi yang baik dalam melakukan kegiatan perawatan terhadap aset yang dimiliki. Strategi yang baik akan meningkatkan keandalan dari komponen atau mesin.

2.6 Reliability Centered Maintenance (RCM) ^[7]

Reliability Centered Maintenance merupakan sebuah proses sistematis yang harus dilakukan untuk menjamin agar seluruh fasilitas fisik dapat beroperasi dengan baik sesuai dengan desain dan fungsinya. RCM merupakan suatu pendekatan pemeliharaan dengan mengkombinasi praktek dan strategi dari *preventive maintenance* dan *corrective maintenance* untuk memaksimalkan umur dan fungsi peralatan. Pada dasarnya RCM menjawab 7 pertanyaan utama dari sistem yang akan diteliti yaitu sebagai berikut:

1. Apakah fungsi dari asset dan standar kinerja yang terkait dengan fungsi itu sesuai dengan konteks operasinya saat ini (*system function*)?
2. Bagaimana sistem tersebut gagal memenuhi fungsinya (*functional failure*)?
3. Apakah modus atau penyebab terjadinya kegagalan fungsi tersebut (*failure modes*)?
4. Apakah yang akan terjadi ketika penyebab modus atau penyebab kegagalan itu muncul (*failure effect*)?
5. Bagaimana kegagalan tersebut berpengaruh (*failure consequences*)?
6. Apakah tindakan yang dapat dilakukan untuk memprediksi atau mencegah setiap kegagalan (*proactive task*)?
7. Bagaimana apabila tidak ditemukan tindakan proaktif yang sesuai (*default action*)?

2.6.1 Tujuan Reliability Centered Maintenance (RCM) ^[7]

Adapun tujuan dari RCM adalah sebagai berikut :

1. Memperoleh data dan informasi penting untuk melakukan pengembangan pada desain awal yang kurang baik.

2. Mengembangkan sistem perawatan yang mampu mengembalikan keandalan dan menambah umur komponen agar mampu digunakan dengan baik.
3. Memperoleh biaya perawatan yang efektif.

2.6.2 Metode Penerapan Reliability Centered Maintenance (RCM) ^[8]

Langkah – langkah yang harus dilakukan sebelum proses RCM dimulai yaitu sebagai berikut:

1. Pemilihan Sistem dan Pengumpulan Informasi (*System Selection and Information Collection*)

Terdapat beberapa hal yang harus diperhatikan dalam pemilihan sistem, antara lain:

- a. Sistem yang mendapat perhatian tinggi adalah sistem yang berkaitan dengan asalah keselamatan dan lingkungan.
- b. Sistem memiliki tindakan *preventive maintenance* dan biaya *preventive maintenance* yang tinggi.
- c. Sistem yang memiliki tindakan *corrective maintenance* dan biaya *corrective maintenance* yang tinggi.
- d. Sistem yang memiliki kontribusi yang besar terhadap terjadinya *full* atau *partial outage (shutdown)*

Adapun dokumen atau informasi yang dibutuhkan dalam analisa RCM antara lain:

- a. *Piping & Instrumentation Diagram (P&ID)* merupakan ilustrasi skematik dari hubungan fungsi antara perpipaian, instrumentasi, komponen peralatan dan sistem.

- b. *Schematic* atau *block diagram* merupakan sebuah gambaran dari sistem, rangkaian atau program yang masing-masing fungsinya diwakili oleh gambar kotak berlabel dan hubungan diantaranya digambarkan dengan garis penghubung.
- c. Vendor manual atau *manual book* merupakan dokumen data dan informasi mengenai desain atau operasi tiap peralatan dan komponen.
- d. *Equipment history* merupakan kumpulan data kegagalan komponen dan peralatan dengan data perawatan yang pernah dilakukan.

2. Pendefinisian Batasan Sistem (*System Boundary Definition*)

Definisi batas sistem digunakan untuk mendefinisikan batasan-batasan suatu sistem yang akan dianalisis dengan *Reliability Centered Maintenance (RCM)*, sehingga semua fungsi dapat diketahui dengan jelas dan perumusan *system boundary definition* yang baik dan benar akan menjamin keakuratan proses analisis sistem.

3. Deskripsi Sistem dan Blok Diagram Fungsi (*System Description and Functional Block Diagram*)

Deskripsi sistem dan diagram blok merupakan representasi dari fungsi-fungsi utama sistem berupa blok-blok yang berisi fungsi-fungsi dari setiap subsistem yang menyusun sistem tersebut sehingga dibuat tahapan identifikasi detail dari sistem yang meliputi:

- a. Deskripsi sistem

Uraian sistem yang menjelaskan cara kerja sistem serta penggunaan instrumen yang ada dalam sistem.

b. *Fuctional Block Diagram*

Interaksi antara satu blok diagram fungsi dengan blok diagram fungsi lainnya.

c. Masukan dan keluaran sistem (*In&Out Interface*)

Penetapan batas-batas sistem dan pengembangan fungsi subsistem memungkinkan kita untuk melengkapi dan mendokumentasikan fakta dari elemen-elemen yang melintasi batas sistem. Elemen-elemen melintasi sistem dapat berupa energi, panas, sinyal, fluida, dan sebagainya. Beberapa elemen berperan sebagai *input* dan beberapa elemen berperan sebagai *output* yang melintasi setiap subsistem.

d. *System Work Breakdown System* (SWBS)

SWBS digunakan untuk menggambarkan kelompok bagian-bagian peralatan yang menjalankan fungsi tertentu.

Setelah menentukan ketiga tahap tersebut, selanjutnya adalah menjawab ketujuh pertanyaan utama dalam metode RCM. Berikut adalah penjelasan dari ketujuh pertanyaan tersebut.

1. Fungsi dan Standar Kinerja (*Functions and Performance Standards*)

System function didefinisikan sebagai suatu fungsi dari komponen yang diharapkan oleh pengguna tetapi masih berada dalam level kemampuan dari komponen tersebut sejak saat dibuat. Fungsi dibedakan menjadi dua yaitu *primary function* dan *secondary function*. *Primary function* merupakan alasan utama mengapa suatu aset tersebut ada. Kategori ini meliputi kecepatan, hasil produksi, kualitas produk dan pelayanan pelanggan. Sedangkan *secondary function* merupakan kemampuan dari suatu aset untuk dapat melakukan lebih dari sekedar memenuhi fungsi utamanya

saja. *Secondary function* meliputi *safety, control, appearance, protection, economy, dan environmental regulations*.

2. Kegagalan Fungsi (*Functional Failure*)

Kegagalan didefinisikan sebagai suatu ketidakmampuan untuk menjalankan fungsi sesuai dengan keinginan pengguna. Sedangkan kegagalan fungsi adalah ketidakmampuan sistem untuk memenuhi suatu fungsi pada suatu standar kinerja tertentu yang dapat diterima oleh pengguna. Terdapat dua kategori kegagalan dalam RCM yaitu kegagalan total dan kegagalan parsial. Kegagalan total merupakan suatu keadaan dimana sistem sama sekali tidak dapat memenuhi standar kinerja suatu fungsi yang dapat diterima oleh penggunanya. Sedangkan kegagalan parsial merupakan keadaan dimana suatu sistem dapat berfungsi namun tidak pada level standar kinerja yang dapat diterima oleh penggunanya atau keadaan dimana suatu sistem tidak dapat mempertahankan tingkat kualitas produk dari sistem tersebut.

3. Modus Kegagalan (*Failure Mode*)

Modus kegagalan merupakan beberapa peristiwa yang mempunyai kemungkinan besar untuk menyebabkan setiap kegagalan terjadi. Peristiwa yang mempunyai kemungkinan untuk menjadi modus kegagalan atau *failure mode* adalah:

- a. Peristiwa yang pernah terjadi sebelumnya pada peralatan yang sama atau serupa yang mempunyai konteks operasi sama.
- b. Kegagalan yang sekarang sedang diantisipasi oleh program perawatan yang ada.
- c. Kegagalan yang belum pernah terjadi tetapi diperkirakan dapat menjadi kenyataan di dalam proses operasinya.

- d. Kegagalan yang apabila terjadi akan memberikan dampak yang sangat serius.

4. Dampak Kegagalan (*Failure Effect*)

Failure effect menjelaskan tentang apa yang akan terjadi jika *failure mode* terjadi. Penjelasan ini harus memasukkan semua informasi yang dibutuhkan dalam memberikan konsekuensi kegagalan tersebut, seperti:

- a. Apa bukti bahwa kegagalan tersebut pernah terjadi.
- b. Bagaimana cara kegagalan tersebut dapat berpengaruh terhadap keselamatan, lingkungan, produksi, dan operasi.
- c. Apakah kerusakan fisik yang disebabkan oleh kegagalan tersebut.
- d. Bagaimana cara untuk memperbaiki kegagalan tersebut.

5. Konsekuensi Kegagalan (*Failure Consequence*)

RCM memahami benar bahwa satu-satunya alasan untuk melakukan berbagai macam *proactive task* bukan untuk menghindari kegagalan itu sendiri namun untuk mengurangi konsekuensi dari kegagalan tersebut. *Failure Consequence* merupakan hal yang penting dalam proses RCM itu sendiri. Dalam proses RCM mengklasifikasikan konsekuensi kegagalan kedalam 4 bagian, yaitu :

- a. *Hidden Failure Consequences*
Kondisi ini terjadi apabila konsekuensi kegagalan yang terjadi tidak dapat diketahui oleh operator dalam kondisi normal.
- b. *Safety Consequences*
Kegagalan mempunyai konsekuensi keamanan apabila kegagalan yang terjadi dapat melukai, membahayakan atau bahkan membunuh seseorang.
- c. *Environmental Consequences*

Kegagalan mempunyai konsekuensi lingkungan apabila kegagalan yang terjadi dapat melanggar standar lingkungan perusahaan, wilayah nasional maupun internasional.

d. *Operational Consequences*

Kegagalan mempunyai konsekuensi operasional apabila kegagalan yang terjadi dapat mempengaruhi kapabilitas operasional seperti hasil produksi, kualitas produksi, kepuasan pelanggan, dan biaya tambahan perbaikan.

Proses RCM menggunakan kategori-kategori diatas sebagai dasar dalam pengambilan *maintenance task* yang sesuai.

6. *Failure Management Techniques*

Failure Management Techniques dibagi menjadi 2 kategori yaitu *proactive task* dan *default action*.

a. *Proactive Task*

Proactive task merupakan kegiatan yang dilakukan sebelum terjadinya kegagalan untuk mencegah peralatan masuk dalam kondisi gagal. Metode RCM membagi *proactive task* kedalam tiga kategori yaitu sebagai berikut:

1. *Scheduled restoration task*

Scheduled restoration task merupakan kegiatan rekondisi pada saat atau sebelum batas umur yang telah ditetapkan, tanpa memandang kondisi komponen saat kegiatan perawatan. Aktifitas perawatan ini dapat digunakan jika suatu komponen memenuhi keadaan-keadaan berikut:

- Dapat dilakukan perbaikan untuk menanggulangi kegagalan yang terjadi.
- Terdapat umur komponen yang dapat diidentifikasi dimana suatu komponen

mengalami peningkatan yang cepat pada *probability of failure*.

2. *Scheduled discard task*

Scheduled discard task merupakan kegiatan untuk mengganti komponen dengan komponen yang baru pada saat atau sebelum batas umur yang telah ditetapkan tanpa memandang kondisi komponen saat proses penggantian. Aktivitas perawatan ini dapat digunakan jika suatu komponen memenuhi keadaan-keadaan sebagai berikut:

- Dapat dilakukan penggantian untuk menanggulangi kegagalan yang terjadi.
- Terdapat umur komponen yang dapat diidentifikasi dimana suatu komponen mengalami peningkatan yang cepat pada *probability of failure*.

3. *Scheduled on condition task*

Scheduled on condition task dapat dilakukan ketika kegagalan dapat memberikan beberapa informasi atau peringatan bahwa kegagalan tersebut akan terjadi. Peringatan ini dikenal dengan *potential failure* yaitu kondisi dimana suatu sistem dapat menunjukkan potensi kegagalan fungsional akan segera terjadi atau sedang dalam proses kegagalan. *On condition task* adalah cara yang sangat baik dalam mengelola kegagalan. RCM menyediakan *task* ini untuk menangani beberapa kondisi khusus.

b. *Default Actions*

Default Actions merupakan aktivitas yang dilakukan pada saat komponen sudah masuk dalam kondisi gagal dan dipilih ketika tidak ditemukan *proactive task* yang efektif.

RCM membagi *default action* kedalam tiga kategori, yaitu sebagai berikut:

1. *Failure finding*

Failure finding merupakan kegiatan memeriksa fungsi tersembunyi dari suatu komponen secara berkala untuk mengetahui apakah fungsi sudah mengalami kegagalan. Aktivitas ini hampir sama dengan *on condition task*, namun dilakukan saat sistem tersebut sudah gagal berfungsi. Aktivitas ini dapat dilakukan ketika ada kemungkinan untuk dilakukan perawatan dan aktivitas perawatan tersebut tidak meningkatkan resiko *multiple failure*.

2. *Redesign*

Redesign mencakup perubahan dari kemampuan suatu sistem. Termasuk di dalamnya adalah modifikasi terhadap peralatan atau prosedur kerja. Aktivitas perawatan redesign dapat dilakukan dengan cara mengganti spesifikasi komponen, menambahkan komponen baru, atau mengganti mesin dengan tipe yang lain.

3. *No scheduled maintenance*

No scheduled maintenance yaitu dimana tidak dilakukannya kegiatan apapun untuk mengantisipasi atau mencegah modus kegagalan yang terjadi. Kegagalan akan dibiarkan terjadi, kemudian diperbaiki. Aktivitas ini disebut juga dengan *run to failure*. Aktivitas perawatan ini dapat digunakan jika tidak dapat ditemukan *task* yang sesuai. Selain itu kegagalan yang akan terjadi tidak memiliki konsekuensi keamanan dan lingkungan serta biaya *preventive task* lebih besar daripada

biaya jika komponen tersebut apabila mengalami kegagalan.

2.7 Analisis Penyebab dan Efek Kegagalan

Pada penelitian ini, analisa penyebab dan efek kegagalan menggunakan RCM *Information Worksheet*. Di dalam RCM *information worksheet* akan dianalisa *function*, *functional failure*, *failure mode*, dan *failure effect* pada suatu sistem atau subsistem.

- Fungsi (*function*) yaitu didefinisikan sebagai kemampuan yang dapat dilakukan suatu subsistem sesuai dengan konteks operasionalnya untuk memenuhi standar kinerja yang diharapkan.
- Kegagalan fungsi (*functional failure*) yaitu didefinisikan sebagai ketidakmampuan suatu subsistem untuk menjalankan fungsi sesuai dengan operasionalnya sehingga tidak memenuhi standar kinerja yang diharapkan.
- Modus kegagalan (*failure mode*) didefinisikan sebagai hal-hal yang memiliki peluang besar untuk menyebabkan kegagalan fungsi.
- Efek kegagalan (*failure effect*) didefinisikan sebagai akibat dari modus kegagalan atau *failure mode* terhadap subsistem maupun sistem itu sendiri.

Dapat dilihat pada table 2.1 yang merupakan tabel RCM *Information Worksheet*.

Tabel 2. 1 RCM Information Worksheet

RCM Information Worksheet			
<i>Function</i> (fungsi)	<i>Functional Failure</i> (kegagalan fungsi)	<i>Failure Mode</i> (modus kegagalan)	<i>Failure Effect</i> (efek kegagalan)
(1)	(A)	(1)	

2.8 Fault Tree Analysis

Metode *Fault tree analysis* (FTA)^[9] sering digunakan untuk menganalisa kegagalan dalam suatu sistem. FTA adalah teknik analisis *sybolic logic* dalam ruang lingkup riset operasi untuk menganalisis suatu kejadian yang tidak diinginkan atau yang dapat disebut *undesired event* pada suatu sistem. Sistem tersebut kemudian dianalisis dengan kondisi lingkungan dan operasional yang ada untuk menemukan semua cara yang mungkin akan terjadi dan mengarah pada terjadinya *undesired event*. *Undesired event* adalah analisis kualitatif yang dapat diketahui bagian mana dari sistem yang gagal dan perlu dilakukan tindakan perbaikan dan pencegahan berdasarkan kegagalan yang ada agar kejadian yang sama tidak terulang kembali

Dalam menganalisa kegagalan dengan metode FTA ini diawali dengan pembuatan pohon kegagalan atau *fault tree* dari sistem yang dianalisis terlebih dahulu. *Fault tree* adalah model dari kegagalan-kegagalan pada sistem dan kombinasi yang menghasilkan terjadinya *undesired event*. Kegagalan yang terjadi pada sistem dapat dikarenakan adanya kegagalan pada komponennya, kegagalan pada manusia yang mengoperasikan atau disebut *human error*, dan kejadian-kejadian

diluar sistem yang dapat mengarah pada terjadinya *undesired event*. *Fault tree* dibuat berdasarkan pada salah satu *undesired event* yang dapat terjadi pada suatu sistem. Hanya bagian-bagian tertentu saja yang berhubungan beserta kegagalan-kegagalan yang ada, yang dipakai untuk membuat *fault tree*.

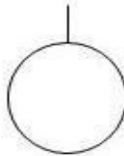
Pada suatu sistem bisa terdapat lebih dari satu *undesired event* dan masingmasing *undesired event* mempunyai representasi *fault tree* yang berbeda-beda dikarenakan faktor atau bagian sistem dan kegagalan yang mengarah pada satu kejadian berbeda dengan lainnya. Pada *fault tree*, *top event* merupakan sebutan untuk *undesired event* yang akan dianalisa.

a. Simbol Kejadian

Simbol kejadian adalah simbol yang berisis keterangan kejaadian pada sistem, yaitu :

1. *Basic event*

Pada gambar 2.9 merupakan simbol yang digunakan untuk menyatakan *primary event* atau kegagalan mendasar yang tidak perlu dicari penyebabnya. Simbol lingkaran ini merupakan batas akhir penyebab suatu kejadian.

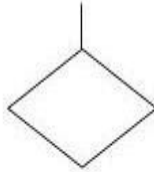


Gambar 2.9 *Basic Event*

2. *Undeveloped event*

Simbol *diamond* gambar 2.10 menyatakan *undeveloped event* atau kejadian tidak berkembang yaitu suatu kejadian kegagalan tertentu yang tidak dicari

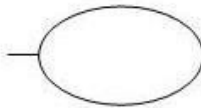
penyebabnya baik karena kejadiannya tidak cukup berhubungan atau karena tidak tersedia informasi.



Gambar 2.10 *Undeveloped event*

3. *Conditioning event*

Simbol *conditioning event* gambar 2.11 merupakan suatu kondisi atau batasan khusus yang diterapkan pada suatu kondisi atau batasan khusus yang diterapkan pada suatu gerbang (biasanya pada gerbang Inhibit dan Priority AND). Kejadian *output* terjadi jika kejadian *input* juga terjadi dan memenuhi suatu kondisi tertentu.



Gambar 2.11 *Conditioning event*

4. *External event*

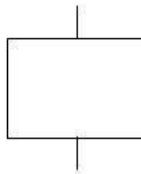
Simbol pada gambar 2.12 menyatakan *external event* yaitu suatu kondisi dimana kejadian yang diharapkan muncul secara normal dan tidak dalam kejadian gagal.



Gambar 2.12 *External event*

5. *Intermediate event*

Simbol pada gambar 2.13 menyatakan *intermediate event* suatu kondisi dimana kejadian yang muncul dari kombinasi kejadiankejadian *input* gagal yang masuk gerbang.



Gambar 2.13 *Intermediate event*

b. Simbol Gerbang

Simbol gerbang dipakai untuk menunjukkan hubungan diantara kejadian *input* yang mengarah pada kejadian *output*. Kejadian *output* disebabkan oleh kejadian *input* yang berhubungan dengan cara tertentu. Adapun jenisjenis simbol gerbang yaitu:

1. Gerbang AND

Gerbang AND pada gambar 2.14 yaitu untuk menunjukkan bahwa kejadian *output* terjadi jika semua *input* dari kejadian tersebut terjadi.



Gambar 2.14 Gerbang AND

2. Gerbang OR

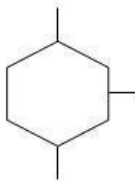
Gerbang OR gambar 2.15 dipakai untuk menunjukkan bahwa kejadian yang akan muncul terjadi jika satu atau lebih kejadian gagal yang merupakan *input* dari kejadian tersebut terjadi.



Gambar 2.15 Gerbang OR

3. Gerbang Inhibit

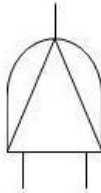
Gerbang Inhibit dengan lambang segienam pada gambar 2.16 adalah kasus khusus dari gerbang AND. *Output* oleh suatu *input*, tetapi harus juga memenuhi suatu kondisi tertentu sebelum *input* dapat menghasilkan *output*.



Gambar 2.16 Gerbang Inhibit

4. Gerbang *Exclusive* OR

Gerbang *Exclusive OR* yang ditunjukkan pada gambar 2.17 adalah gerbang OR kasus khusus dari gerbang OR. Kasus ini adalah kejadian *output* muncul jika satu kejadian (tepat satu) muncul.



Gambar 2.17 Gerbang Exclusive OR

5. Gerbang *Priority AND*

Gerbang *Priority AND* adalah kasus khusus dari gerbang AND. Terdapat syarat yakni kejadian *output* muncul jika semua kejadian *input* muncul pada urutan tertentu.



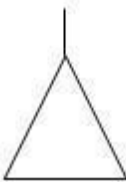
Gambar 2.18 Gerbang Priority AND

c. Simbol Transfer

Simbol transfer terbagi menjadi dua, yaitu:

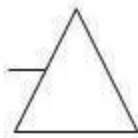
1. *Transfer-in*

Transfer-in atau *triangle-in* yang ditunjukkan pada gambar 2.19 adalah titik dimana *sub-fault tree* dapat dimulai sebagai kelanjutan dari *transfer-out*.



Gambar 2.19 *Transfer-in*

2. *Transfer-out*
Transfer-out atau *triangle-in* pada gambar 2.20 adalah titik dimana *fault tree* dipecah menjadi *sub-fault tree*.



Gambar 2.20 *Transfer-out*

2.9 Analisa Maintenance Task

Pada penelitian ini akan digunakan RCM *Decision Worksheet* untuk menganalisa dan menentukan perawatan yang tepat. Pada RCM *decision worksheet* berisi beberapa kolom yang masing-masing telah dikelompokkan berdasarkan analisisnya. Berikut adalah tabel 2.2 merupakan tabel RCM *decision worksheet* yang digunakan pada penelitian ini.

Tabel 2. 2 RCM Decision Worksheet

RCM Decision Worksheet													
Information Reference			Consequence Evaluation				H1	H2	H3	Default Action			Proposed Task
							S1	S2	S3				
							O1	O2	O3				
F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4	
1	A	2	Y	N	N	Y	N	N	N	N	Y		redesign

- Kolom 1-3 merupakan *information reference* yang berisi tentang data RCM *information worksheet* berupa analisa Failure (F), Functional Failure (FF), dan *Failure Mode* (FM).
- Kolom 4-7 merupakan *consequence evaluation* yang menunjukkan konsekuensi yang ditimbulkan karena terjadinya kegagalan fungsi atau dampak yang ditimbulkan terhadap sistem. Konsekuensi tersebut terbagi menjadi 4 jenis yaitu *hidden failure consequences* (H), *safety consequences* (S), *environmental consequences* (E), dan *operational consequences* (O). Kolomkolom tersebut dapat diisi dengan YES (Y) apabila *failure mode* berdampak atau memiliki konsekuensi dari aspek tersebut dan dapat diisi dengan NO (N) apabila sebaliknya. Analisa *consequence evaluation* digunakan untuk menentukan strategi perawatan yang tepat
- Kolom 8-10 yaitu kolom *proactive task* yang merupakan penentuan tindakan yang akan dilakukan. Pada kolom 8 terdiri dari (H1/S1/O1/N1) yang dapat diisi dengan Yes (Y) apabila kebijakan perawatan yang tepat dalam mengantisipasi atau mencegah *failure mode* yaitu dengan *scheduled on condition task*. Dan diisi dengan No (N) apabila sebaliknya. Pada kolom 9 terdiri dari (H2/S2/O2/N2) yang dapat diisi dengan Yes (Y) apabila kebijakan perawatan dalam mengantisipasi atau mencegah *failure mode* yang terjadi yaitu dengan *scheduled restoration task*, dan diisi dengan No (N) apabila sebaliknya. pada kolom 10 terdiri dari (H3/S3/O3/N3) dapat diisi Yes (Y) apabila kebijakan perawatan yang tepat dalam mengatasi *failure mode* yaitu dengan *scheduled discard task*, dan diisi dengan No (N) apabila sebaliknya.
- Kolom 11-13 yaitu kolom *default action* yang merupakan penentuan tindakan yang akan dilakukan. Kolom 11 (H4) dapat diisi dengan Yes (Y) apabila kebijakan perawatan yang

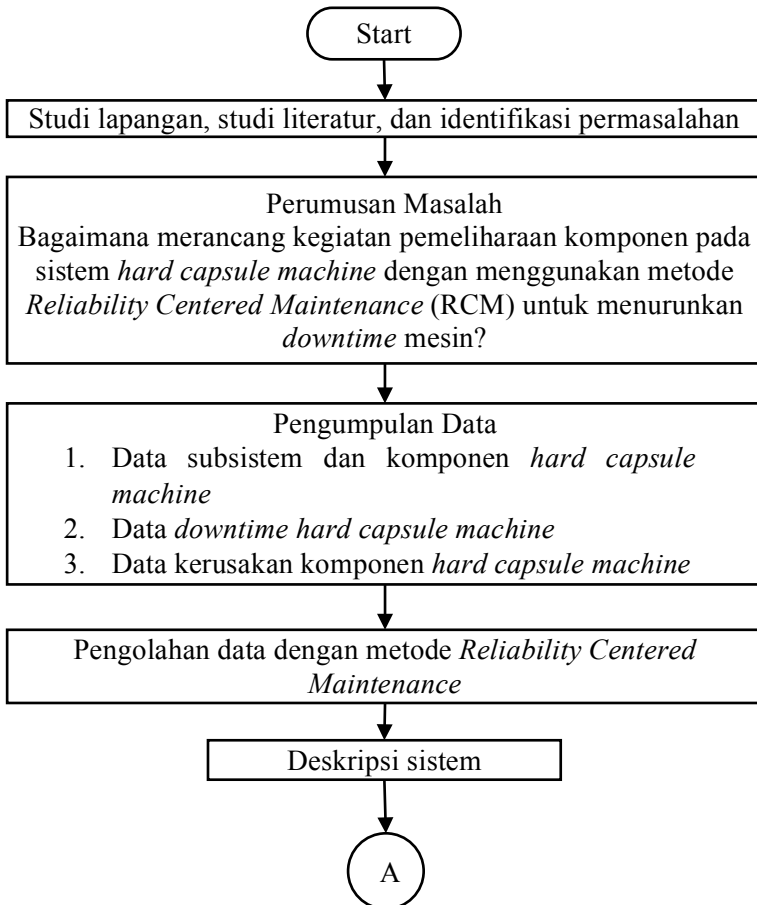
tepat dalam menangani *failure mode* yaitu dengan *failure finding*, dan dapat diisi No (N) apabila sebaliknya. Kolom 12 (H5) dapat diisi Yes (Y) apabila kebijakan perawatan yang tepat dalam menangani *failure mode* yang terjadi yaitu dengan *redesign*, dan diisi No (N) apabila sebaliknya. Kolom 13 (S4) dapat diisi hasil Yes (Y) apabila kebijakan perawatan yang tepat dalam menangani *failure mode* yang terjadi yaitu dengan *run to failure* atau *no scheduled maintenance*, dan dapat diisi No (N) apabila sebaliknya.

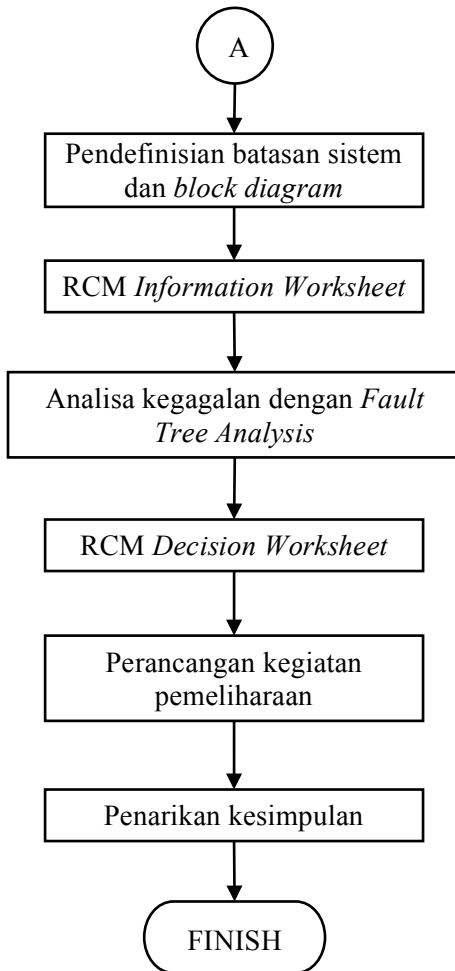
- Kolom 14 atau pada kolom terakhir merupakan *purposed task* yaitu berisi hasil *maintenance task* yang paling tepat atau tindakan perencanaan yang akan digunakan.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

Penelitian Tugas Akhir ini dilaksanakan dengan mengikuti diagram alir penelitian sebagai berikut:





Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.2 Metodologi Penelitian

Diagram alir penelitian pada gambar 3.1 di atas dijelaskan sebagai berikut

3.2.1 Studi Lapangan, Studi Literatur, dan Tahap Identifikasi Permasalahan

Tahap awal yang dilakukan pada penelitian ini adalah studi lapangan ke perusahaan PT. Kapsulindo Nusantara. Kegiatan ini dilakukan untuk mencari informasi dan kondisi perusahaan untuk mengidentifikasi permasalahan yang diangkat dalam tugas akhir ini. Tahap ini juga mencakup area spesifik dalam pengambilan data pendukung dalam penelitian yaitu Departemen Pemeliharaan Mesin pada PT. Kapsulindo Nusantara. Tahap berikutnya yaitu studi literatur dimana bertujuan untuk mendapatkan pengetahuan dan informasi yang dapat menunjang penelitian baik dari buku, jurnal maupun penelitian-penelitian sebelumnya. Studi literatur yang dilakukan mengenai sistem *hard capsule machine* berupa cara kerja dan fungsi tiap subsistem dan komponen. Selain itu juga pengumpulan informasi tentang metode *Reliability Centered Maintenance*. Kemudian tahap berikutnya yang dilakukan adalah tahap identifikasi permasalahan yang terjadi pada *hard capsule machine*. Dari hasil identifikasi, didapatkan bahwa *hard capsule machine* D memiliki frekuensi *downtime* yang paling tinggi. Permasalahan lain yaitu pada *hard capsule machine* D memiliki beberapa subsistem didalamnya dan subsistem *automatic block* memiliki *downtime* frekuensi terbesar. Permasalahan pada subsistem ini akan menjadi fokus utama pada penelitian ini dikarenakan permasalahan tersebut berpotensi menyebabkan *downtime* pada *hard capsule machine* dan berakibat pada hasil produksi menurun.

3.2.2 Tahap Perumusan Masalah

Pada tahap ini akan dilakukan perumusan masalah yang akan dijadikan objek dalam penelitian. Objek yang diteliti adalah komponen pada subsistem *hard capsule machine* D yaitu meliputi slide bar, cutting, joiner block, dan stipper jaw. Alasan pemilihan komponen tersebut karena memiliki *downtime* yang relatif lebih

tinggi di banding komponen lainnya pada subsistem *hard capsule machine*. Oleh karena itu perlu adanya perancangan kegiatan perawatan yang tepat untuk menurunkan downtime mesin.

3.2.3 Tahap Pengumpulan Data

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data-data terkait *hard capsule machine* yang telah dicatat sebelumnya oleh perusahaan pada saat proses produksi. Data yang digunakan adalah data mulai dari bulan Januari 2017 sampai dengan Juni 2017 yang meliputi:

3.2.1 Data subsistem dn komponen *hard capsule machine*

3.2.2 Data downtime *hard capsule machine*

3.2.3 Data kerusakan komponen *hard capsule machine*

3.2.4 Tahap Pengolahan Data

Berdasarkan data-data yang telah didapatkan, selanjutnya akan dianalisis untuk dapat menentukan pemeliharaan yang tepat dengan menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance*. Tahap berikutnya akan menjelaskan tentang proses analisis pada RCM.

3.2.5 Deskripsi sistem

Pada tahap ini berisikan *system boundary condition* yang menjelaskan batasan yang akan dianalisa. Sistem yang diangkat adalah *hard capsule machine* D sebagai mesin produksi kapsul yang mengubah dari bahan baku gelatin menjadi kapsul utuh. Subsistem *automatic block* yang menunjang proses kerja sistem memiliki *downtime* paling tinggi dan didalamnya terdiri dari beberapa komponen. Komponen yang menyusun subsistem tersebut sering mengalami kegagalan diantaranya *slide bar*, *cutting*, *joiner block*, dan *stipper jaw* dimana mempunyai frekuensi *downtime* paling tinggi.

3.2.6 Pendefinisian Batasan Sistem dan *Block Diagram*

Pada tahap ini akan ditentukan batasan-batasan sistem yang akan dianalisa dari *Piping & Instrumentation Diagram* (P&ID). Kemudian dari batasan-batasan sistem tersebut akan disederhanakan menjadi suatu *block diagram* untuk mengetahui hubungan antar subsistem yang terkait.

3.2.7 RCM *Information Worksheet*

RCM *Information Worksheet* ini akan disajikan tabel yang berisi *function*, *functional failure*, *failure mode*, dan *failure effect* yang akan digunakan untuk mengidentifikasi penyebab dan efek dari kegagalan yang terjadi pada komponen didalam subsistem *automatic block* di *hard capsule machine D*.

3.2.8 Analisa Kegagalan dengan *Fault Tree Analysis*

Tahap FTA merupakan metode analisis dengan melakukan analisa kualitatif untuk mengetahui bagian mana dari sistem yang gagal dan perlu dilakukan tindakan perbaikan dan pencegahan berdasarkan kegagalan yang ada agar kejadian yang sama tidak terulang.

3.2.9 RCM *Decision Worksheet*

Pada tahap ini implementasi teknik manajemen kegagalan akan menggunakan RCM *Decision Worksheet*. RCM *Decision Worksheet* bertujuan untuk menggolongkan *failure mode* yang terjadi kedalam kategori konsekuensi kegagalan yang ada pada metode Reliability Centered Maintenance (RCM).

3.2.10 Perancangan Kegiatan Pemeliharaan

Pada tahap ini akan menentukan metode pemeliharaan yang tepat pada komponen yang telah dianalisa dimana komponen tersebut berpengaruh besar terhadap kegiatan operasional. Setelah itu akan di rekomendasikan kepada

perusahaan apakah kegiatan perawatan ini sesuai dengan kondisi perusahaan dan perusahaan akan memberikan *feedback* kepada peneliti.

3.2.11 Penarikan kesimpulan dan Rekomendasi

Tahap ini merupakan tahap terakhir pada penelitian Tugas Akhir. Pada tahap ini hasil yang dicapai akan diuraikan setelah melalui proses analisis dan dijadikan sebagai kesimpulan. Selanjutnya akan diberikan rekomendasi berupa daftar kegiatan perbaikan yang harus dilakukan untuk perawatan komponen pada sistem *Hard Capsule Machine*.

BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dilakukan analisis dan pembahasan pada permasalahan yang terjadi di PT. Kapsulindo Nusantara untuk memperoleh jenis perawatan yang tepat pada *automatic block subsystem*. Analisis diawali dengan mengidentifikasi proses produksi kapsul agar sistem yang dijadikan objek penelitian dapat diketahui. Analisis uraian fungsi dari komponen dan aliran kerja antar fungsi komponen sehingga membentuk suatu kesatuan subsistem. Kemudian akan masuk pada analisis dengan menggunakan *RCM Information Worksheet* yang berisi tentang deskripsi fungsi, kegagalan fungsi, modus kegagalan, dan efek kegagalan yang terjadi pada setiap komponen pada *automatic block subsystem* di *hard capsule machine* D. Kegagalan tersebut akan dianalisis pada tiap mode keagalannya dengan menggunakan *Fault Tree Analysis* (FTA) sehingga akan didapatkan akar permasalahannya. Kemudian dari kedua data tersebut akan digunakan untuk analisis pada *RCM Decision Worksheet* yang berisi tentang konsekuensi kegagalan, *proactive task*, *default action*, dan *purpose task*. Terdapat 4 kategori konsekuensi pada *RCM Decision Worksheet*. Kategori tersebut berdasarkan *hidden failure consequences*, *safety consequences*, *environmental consequences*, dan *operational consequences*. Konsekuensi tersebut didapatkan dengan bantuan data pada *RCM Information Worksheet* yang kemudian digunakan untuk menentukan pemeliharaan yang tepat pada komponen tersebut dan memberikan rekomendasi berupa daftar tindakan kegiatan perbaikan yang dilakukan pada sistem *hard capsule machine*.

4.1 Sistem Pemeliharaan yang di terapkan pada Departemen Pemeliharaan PT. Kapsulindo Nusantara

Departemen Pemeliharaan pada PT. Kapsulindo Nusantara membagi jenis perawatan menjadi 2 yaitu:

1. *Preventive Maintenance*

Kegiatan perawatan yang dilakukan dengan tujuan agar menegah terjadinya kerusakan. Perawatan ini dilakukan sebelum terjadinya kegagalan. *Schedule preventive maintenance* yang dilakukan pada *Hard Capsule Machine D* dalam satu periode tahun 2016 yaitu dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.1 *Schedule Preventive Maintenance* pada *Hard Capsule Machine D* periode 2016

NO	NO. MC	NAMA MESIN	TANGGAL PREVENTIVE MAINTENANCE											
			JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT	NOP	DES
1	D	HARD CAPSULE MACHINE	-	B2	-	B3	-	B3	-	B3	-	B3	-	B2

Keterangan :

B : *Preventive maintenance* bulanan

Angka pada tabel menunjukan minggu ke

2. *Corrective Maintenance*

Kegiatan perawatan atau pemeliharaan ini dilakukan ketika suatu sistem atau komponen tersebut telah mengalami kegagalan. Perawatan ini dilakukan ketika terdapat sistem atau komponen yang tidak bekerja sesuai dengan standar kinerjanya. Pada gambar 4.1 merupakan salah satu contoh kegiatan *corrective maintenance* yang dilakukan pada komponen *joiner block* oleh operator pabrik.



Gambar 4.1 Kegiatan perbaikan pada *joiner block*

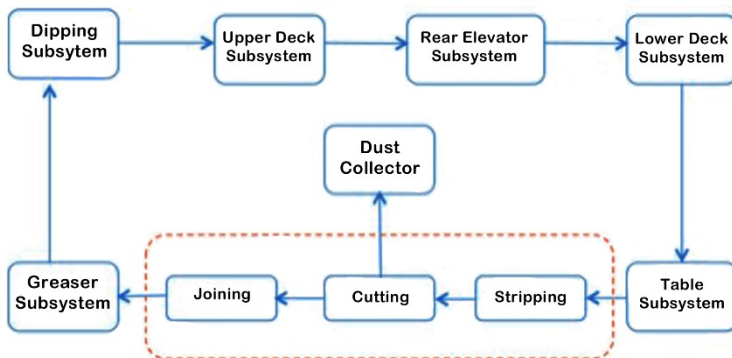
Gambar 4.1 merupakan kegiatan perawatan yang dilakukan ketika terjadi kerusakan pada *joiner block*. Kegiatan penggantian komponen ketika telah mengalami kerusakan dilakukan satu persatu sesuai dengan kerusakan yang terjadi. Dapat dilihat pada gambar 4.2 penggantian *stripper* ketika mengalami kerusakan hanya diganti pada komponen yang rusak saja sehingga menyebabkan seringnya terjadi *downtime* dan tidak dapat mengetahui umur pakai dari komponen tersebut.

No	Tanggal	Masalah	Tindakan	Pelaksana	Waktu Perbaikan			Keterangan
					Jam		Total	
					Mulai	Selesai		
1	09/09/10	Roller brokene Bent gras bany dipan.	- Perbaikan flak Araket ber. Justru					
2	10/09/10	1/2 Vflang bany	- Ganti vflang - 0.10 - Ganti Greaser	Sunarto Fahri	09.30	10.30	1.00	
3	10/09/10	Roller gap se: 0.8 Roller Males - Roller 1/2 0.10	- Tarap. Area - Ganti Spindle dan Roller	Sunarto	10.15	11.15	1.00	
4	05/11/10	Lubric bearing - Rantai, bany - gap Bantal	- Turun. Area - Bent. Uflang - bearing pin - kanan - Jarak vflang	Sunarto	09.30	10.30	1.00	
		Conveyor pemrosesan Lubric bearing	- Ganti Greaser bearing dan bany. Bantal seksi. Bantal Bantal seksi. Bantal Bantal seksi. Bantal Bantal seksi. Bantal Bantal	Fahri	09.30	10.30	1.00	

Gambar 4.2 Maintenance sheet

4.2 Analisis *automatic block subsystem*

Pada tahap ini dilakukan analisis pada subsistem *automatic block* yang didalamnya terdiri dari beberapa proses yaitu proses pencabutan kapsul dari *pin bar* (*stripping*), lalu proses pemotongan kapsul sesuai dengan panjang yang sudah ditentukan (*cutting*), dan kemudian proses penggabungan antara kapsul *cap* dengan kapsul *body* (*joining*). Berikut akan dijelaskan hubungan dan aliran antar fungsi yang akan di analisa dengan menggunakan *functional block diagram*.

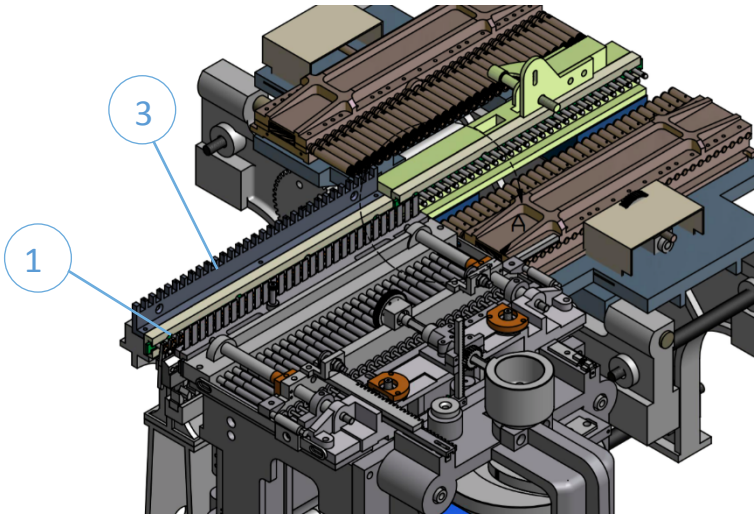


Gambar 4.3 *Functional Block Diagram Hard Capsule Machine*

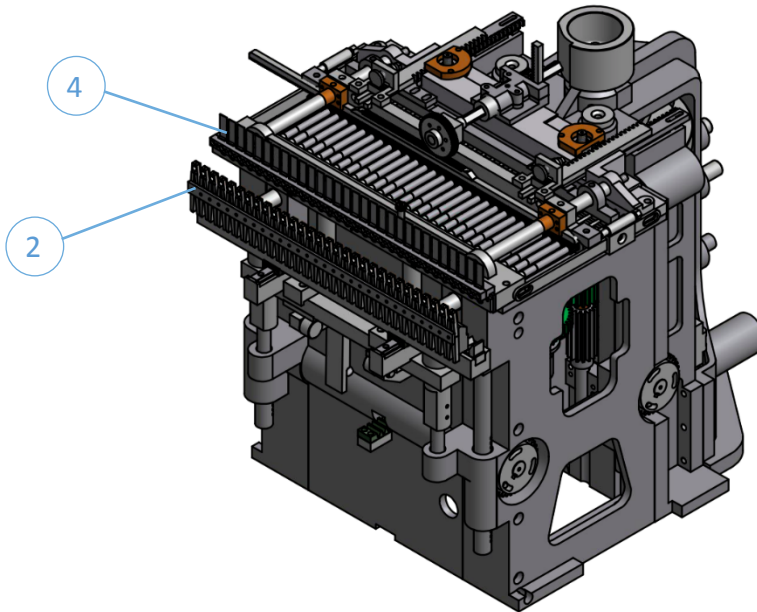
Berdasarkan FBD yang ditunjukkan pada gambar 4.3 terlihat bahwa batasan sistem yang dianalisa yaitu subsistem *automatic block* yang didalamnya terdiri atas proses *stripping* (pencabutan), *cutting* (pemotongan), dan *joining* (penggabungan). Kapsul yang telah dikeringkan akan dibawa ke *table subsystem* dan di dorong masuk ke *slide bar* pada *automatic block subsystem*. Selanjutnya kapsul akan melalui proses pencabutan (*stripping*) yaitu kapsul dicabut dari *pin bar* untuk kemudian dimasukkan kedalam *collet*. Kemudian pada proses pemotongan (*cutting*), kapsul dipotong dengan panjang *cap* 11,5 mm – 12,5 mm dan untuk *body* 19,5 mm – 20,50 mm. Sisa pemotongan kapsul tersebut akan dihisap oleh *dust collector* untuk kemudian dibuang keluar sistem. Kapsul yang telah dipotong selanjutnya akan di gabungkan antara *cap* dengan *body* sehingga menjadi kapsul utuh. Keseluruhan dari proses tersebut berlangsung pada subsistem *automatic block*.

Gambar 4.4 dan gambar 4.5 merupakan gambar subsistem *automatic block* yang di dalamnya terdiri dari beberapa proses dan beberapa komponen yang membentuk subsistem tersebut. Namun pada penelitian kali ini akan dianalisa beberapa

komponen yang memiliki tingkat kerusakan yang tinggi yaitu pada komponen *slide bar*, *stripper*, *joiner block*, dan *cutter*.



Gambar 4.4 *Automatic block subsystem*
(1) *Slide bar* (3) *Joiner block*



Gambar 4.5 Tampak depan *automatic block subsystem*
(2) *stripper* (4) *cutter*

Keterangan :

1. *Slide bar*

Slide bar berfungsi sebagai sebagai jalur masuk pin bar pada *subsistem automatic block*. *Slide bar* ini sendiri memiliki peranan penting dalam proses *stripping* atau pencabutan kapsul yaitu sebagai *pin bar* agar tegak lurus dengan *stripper* sehingga proses pencabutan berjalan dengan baik.

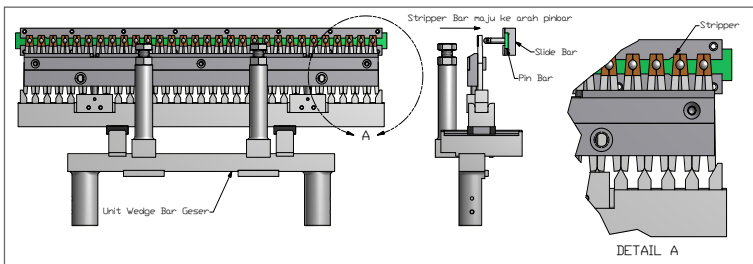


Gambar 4.6 *Slide bar* aus

Pada gambar 4.6 terlihat bahwa *slide bar* mengalami keausan. *Slide bar* tersebut bergesekan dengan *pin bar* maka menyebabkan terjadinya keausan pada *slide bar*. Hal ini dapat terjadi akibat kurangnya pelumasan pada *slide bar*.

2. *Stripper*

Stripper berfungsi sebagai alat pencabut kapsul dari *pin bar*. *Stripper* ini sendiri terdiri dari beberapa part yaitu *cheek stripper*, *bushing*, *stripper jaw* dan juga dibantu oleh mekanisme *wedge bar* yang berfungsi untuk buka tutup *stripper*.



Gambar 4.7 Proses *stripping*



Gambar 4.8 Cheek stripper aus

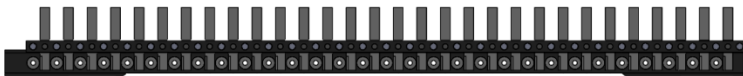
Cheek stripper digunakan untuk menjepit kapsul dan mencabutnya dari *pin bar*. *Cheek stripper* tersebut terbuat dari material perunggu sedangkan badan *stripper* terbuat dari material SS 304. *Cheek stripper* sering terjadi aus akibat dari bergesekan dengan *pin bar* yang tidak tegak lurus. Hal ini terjadi akibat *slide bar* aus yang menyebabkan *pin bar* tidak tegak lurus dengan *stripper*.

3. *Joiner block*

Joiner block berfungsi sebagai alat pembantu dalam proses penggabungan kapsul *cap* dengan *body*. *Joiner block* digunakan agar masing-masing *collet kapsul cap* dan *body* berada tepat di tengah. Namun yang sering terjadi yaitu adanya pergeseran dari *joiner block* sehingga menyebabkan *collet* menabrak *joiner block* dan proses penggabungan tidak berjalan baik.

4. *Cutter* (pisau potong)

Cutter atau pisau potong berfungsi sebagai alat pemotong kapsul. Kapsul disesuaikan panjangnya dengan bantuan *collet*. Kapsul sisa yang berada pada *collet* akan di potong dengan menggunakan pisau dengan material HSS (*high speed steel*). Pisau ini memiliki peranan yang sangat penting dalam proses pemotongan sehingga penggantian *cutting bar* dilakukan setiap seminggu sekali agar menjaga pisau tetap tajam.



Gambar 4.9 *Cutting bar*

4.3 Analisis Penyebab dan Efek Kegagalan dengan RCM Information Worksheet

Berdasarkan penjelasan dan *functional block diagram* diatas, maka selanjutnya akan ditentukan fungsi, kegagalan fungsi, modus kegagalan fungsi, dan efek kegagalan fungsi dari setiap komponen yang ada pada subsistem *automatic block* pada

hard capsule machine D. Analisis ini menggunakan *RCM Information Worksheet* yang dapat dilihat pada tabel 4.2 hingga 4.5

Tabel 4.2 *RCM Information Worksheet* pada komponen *stripper*

RCM Information Worksheet Stripper			
<i>Function</i>	<i>Functional Failure</i>	<i>Failure Mode</i>	<i>Failure Effect</i>
1) <i>Stripper</i> Mencabut kapsul dari <i>pin bar</i>	(A) Kapsul tidak tercabut dari <i>pin bar</i> dengan baik	(1) <i>Cheek stripper aus</i>	1. Kapsul tidak tercabut dengan baik 2. Tindakan operator: <i>Shutdown Mesin Hard</i> 3. Tindakan <i>maintenance</i> : a. Penggantian <i>cheek</i> ketika sudah aus b. Lama perbaikan : 387 menit untuk 22 kali <i>downtime</i> c. Harga dan kapasitas produksi - harga kapsul Rp. 75,-/kapsul - keuntungan bersih kapsul Rp.20,-/kapsul - produksi kapsul 750 biji/menit

			<p>d. Kerugian produksi = 750 kapsul/menit x 387 menit x Rp. 20,-/kapsul = Rp. 5.805.000,00</p> <p>e. Biaya penggantian komponen = 40 <i>cheek stripper</i> x Rp. 40.000,- /<i>cheek</i> = Rp. 1.600.000,-</p> <p>f. Biaya Total = Rp. 7.405.000</p>
		(2) <i>Bushing stripper</i> aus	<p>1. Kapsul tidak tercabut dengan baik 2. <i>stripper</i> tidak dapat membuka dan menutup dengan baik 3. <i>Defect</i> pada kapsul 4. Tindakan operator: <i>Shutdown</i></p>
		(3) Elastisitas pegas berkurang	

		(4) <i>Wedge bar stripper</i> aus	<p><i>Mesin Hard</i></p> <p>5. Tindakan <i>maintenance</i> :</p> <p>a. Penggantian <i>bushing</i> ketika sudah aus</p> <p>b. Penggantian pegas ketika sudah tidak bekerja dengan baik</p> <p>c. Penggantian <i>wedge bar</i> ketika aus</p>
		(5) <i>Slide bar</i> aus	<p>1. <i>Pin bar jamed</i></p> <p>2. Kapsul berlubang</p> <p>3. Kapsul sobek</p> <p>4. Kedalaman <i>collet</i> berubah</p> <p>5. Tindakan operator: <i>Shutdown Mesin Hard Capsule Machine</i></p> <p>6. Tindakan <i>maintenance</i> :</p> <p>a. Penggantian <i>slide bar</i> ketika sudah aus</p> <p>b. Lama perbaikan: 900 menit untuk 31 kali <i>downtime</i></p> <p>c. Harga dan</p>

			<p>kapasitas produksi:</p> <ul style="list-style-type: none"> - harga kapsul Rp. 75,-/kapsul - keuntungan bersih kapsul Rp.20,- /kapsul - produksi kapsul 750 biji/menit <p>d. Kerugian produksi: $= 900 \text{ menit} \times 750 \text{ kapsul/menit} \times \text{Rp.}20,- \text{ /kapsul}$ $= \text{Rp. } 13.500.000,-$</p> <p>e. Biaya penggantian komponen $= 31 \text{ part slide bar} \times \text{Rp. } 70.000,-/\text{part}$ $= \text{Rp. } 2.170.000,-$</p> <p>f. Biaya Total $= \text{Rp. } 15.670.000$</p>
--	--	--	---

Tabel 4.3 RCM *Information Worksheet* pada komponen *joiner block*

RCM Information Worksheet Joiner Block			
<i>Function</i>	<i>Functional Failure</i>	<i>Failure Mode</i>	<i>Failure Effect</i>
<p>(2) <i>Joiner Block</i> sebagai alat untuk membantu proses penggabungan (<i>cap</i> dan <i>body</i>) agar masing-masing <i>collet</i> berada tepat ditengah</p>	<p>(A) Kapsul <i>cap</i> dan <i>body</i> tidak tergabung dengan baik</p>	(1) Penekanan <i>joiner block</i> aus	1. <i>Collet jammed</i> 2. kapsul mengalami <i>deffect</i> 3.
		(2) Mur pada <i>joiner bar</i> aus	<p>Tindakan operator: <i>Shutdown Mesin Hard Capsule Machine</i></p> <p>4. Tindakan maintenance : a. Peganturan ulang posisi <i>joiner block</i> b. Lama perbaikan: 315 menit dalam 25 kali</p>

			<p>perbaikan</p> <p>c. Harga dan kapasitas produksi:</p> <ul style="list-style-type: none"> - harga kapsul Rp. 75,-/kapsul - keuntungan bersih kapsul Rp.20,- /kapsul - produksi kapsul 750 biji/menit <p>d. Kerugian produksi:</p> <p>= 315 menit x 750 kapsul/menit x Rp. 20,-/kapsul = Rp. 4.725.000,-</p>
--	--	--	--

Tabel 4.4 *RCM Information Worksheet* pada komponen *cutter*

RCM Information Worksheet Cutter (pisau)			
<i>Function</i>	<i>Functional Failure</i>	<i>Failure Mode</i>	<i>Failure Effect</i>
(3) Pisau (<i>cutter</i>) Sebagai alat untuk memotong kapsul	(A) Pisau tidak memotong kapsul	(1) Pisau aus	1. Kapsul <i>defect</i> 2. Tindakan operator: <i>Shutdown Mesin Hard Capsule Machine</i> 3. Tindakan maintenance : a. Penggantian bar pisau b. Lama perbaikan: 495 menit dalam 27 kali <i>downtime</i> c. Harga dan kapasitas produksi: - harga kapsul Rp. 75,- /kapsul - keuntungan bersih kapsul Rp.20,-/kapsul - produksi kapsul 750

			biji/menit d. Kerugian produksi: $= 495 \text{ menit} \times 750$ $\text{kapsul/menit} \times \text{Rp. } 20,-$ $/\text{kapsul} = \text{Rp. } 7.425.000,-$
		(2) Kiln/penger ing rusak	1. Kapsul kurang kering 2. Kapsul <i>defect</i>

Tabel 4.5 *RCM Information Worksheet* pada komponen *slide bar*

RCM Information Worksheet Slide Bar			
<i>Function</i>	<i>Functional Failure</i>	<i>Failure Mode</i>	<i>Failure Effect</i>
(4) <i>Slide bar</i> Menjaga agar pin bar selalu tegak lurus dengan <i>stipper</i>	(A) <i>Pin bar</i> tidak berada tepat tegak lurus dengan <i>stipper</i>	(1) <i>Slide bar</i> aus	1. <i>Pin bar jamed</i> 2. Kapsul berlubang 3. Kapsul sobek 4. Kedalaman <i>collet</i> berubah 5. Tindakan operator:

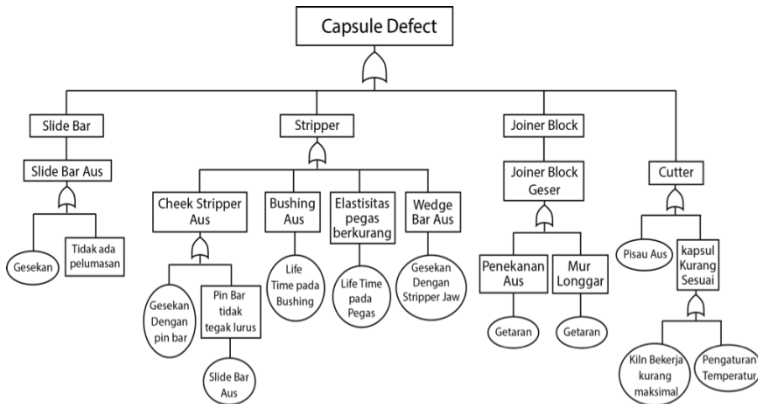
			<p><i>Shutdown Mesin Hard Capsule Machine</i></p> <p>6. Tindakan <i>maintenance</i> :</p> <p>a. Penggantian <i>slide bar</i> ketika sudah aus</p> <p>b. Lama perbaikan: 900 menit untuk 31 kali <i>downtime</i></p> <p>c. Harga dan kapasitas produksi: - harga kapsul Rp. 75,- /kapsul - keuntungan bersih kapsul Rp.20,-/kapsul - produksi kapsul 750 biji/menit</p> <p>d. Kerugian produksi: = 900 menit x 750 kapsul/menit x Rp.20,-</p>
--	--	--	--

			/kapsul = Rp. 13.500.000,- e. Biaya penggantian komponen = 31 <i>part slide</i> <i>bar</i> x Rp. 70.000,-/ <i>part</i> = Rp. 2.170.000,- f. Biaya Total = Rp. 15.670.000
--	--	--	---

Analisis biaya pada *RCM Information Worksheet* yang dapat dilihat di tabel 4.2 hingga 4.5 merupakan analisis yang dilakukan selama periode 6 bulan dan pada satu *hard capsule machine*. Apabila kerusakan yang terjadi pada 8 *hard capsule machine* dengan asumsi rata-rata waktu dan frekuensi *downtime* yang sama maka kerugian perusahaan dapat mencapai sekitar Rp. 125.360.000,00. Kerugian tersebut akibat dari kerusakan pada komponen *slide bar*. Sedangkan kerugian yang terjadi akibat *stripper* yaitu mencapai Rp. 59.240.000,00 dan akibat kerusakan pada komponen *joiner block* yaitu mencapai Rp. 37.800.000,00. Kerugian yang terjadi akibat penggantian pisau pada proses *cutting* mencapai sekitar Rp. 59.400.000,00. Sehingga total kerugian pada 8 *hard capsule machine* dapat mencapai sekitar Rp. 281.800.000,00 dalam periode 6 bulan.

4.4 Analisis Kegagalan

Tahap analisis kegagalan dengan menggunakan *Fault Tree Analysis (FTA)*. *Fault tree Analysis* merupakan salah satu cara identifikasi untuk menentukan dari mana kegagalan itu berasal. Berdasarkan hasil diskusi dengan Departemen Pemeliharaan PT. Kapsulindo Nusantara analisis kegagalan untuk *failure mode slide bar aus* mempunyai pengaruh terbesar kerusakan yang terjadi pada *automatic block subsystem* dan menyebabkan *defect* pada kapsul. Kerusakan yang terjadi pada komponen-komponen tersebut akan berdampak pada *defect* pada kapsul. Analisis *defect* pada kapsul dengan menggunakan *Fault Tree Analysis* akan ditampilkan pada gambar 4.10



Gambar 4.10 *Fault Tree Analysis Defect* pada kapsul

4.5 Analisis *Maintenance Task*

Pada tahap ini analisis *maintenance task* yang ditentukan menggunakan analisis *RCM Decision Worksheet*. Analisis kegagalan dilakukan berdasarkan *RCM Information Worksheet* yang telah didefinisikan sebelumnya. Berdasarkan hasil diskusi dengan pihak Departemen Pemeliharaan PT. Kapsulindo Nusantara maka *maintenance task* yang tepat ditentukan dengan

RCM Decison Diagram untuk komponen *slide bar*, *stripper*, *cutter*, dan *joiner block* pada *automatic block subsystem* dapat dilihat pada tabel 4.6 hingga 4.9.

Tabel 4.6 *RCM Decision Worksheet* pada komponen *stripper*

RCM Decision Worksheet													
Information Reference			Consequence Evaluation				H1	H2	H3	Default Action			Proposed Task
							S1	S2	S3				
							O1	O2	O3				
F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4	
1	A	1	Y	N	N	Y	Y						Pengecekan kerusakan <i>cheek stripper</i> dengan melihat defect pada kapsul (<i>Scheduled on condition task</i>)
1	A	2	Y	N	N	Y	N	N	N	N	N	Y	Penggantian ketika <i>bushing</i> sudah aus (<i>No scheduled maintenance</i>)
1	A	3	Y	N	N	Y	N	N	N	N	N	Y	Penggantian ketika pegas sudah rusak (<i>no scheduled maintenance</i>)
1	A	4	Y	N	N	Y	N	N	N	N	N	Y	Penggantian ketika <i>wedge bar</i> sudah aus (<i>no scheduled maintenance</i>)
1	A	5	Y	N	N	Y	N	N	N	N	Y		Menambahkan mekanisme pelumasan (<i>Redesign</i>)

Tabel 4.7 RCM Decision Worksheet pada komponen joiner block

RCM Decision Worksheet													
Information Reference			Consequence Evaluation				H1	H2	H3	Default Action			Proposed Task
							S1	S2	S3				
							O1	O2	O3				
F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4	
1	A	1	N	N	N	Y	N	N	N	N	N	Y	Penggantian ketika penekan block sudah aus (no scheduled maintenance)
1	A	2	Y	N	N	Y	N	N	N	N	Y		Penambahan komponen nylon pada mur joiner bar (Redesign)

Tabel 4.8 RCM Decision Worksheet pada komponen cutter

RCM Decision Worksheet													
Information Reference			Consequence Evaluation				H1	H2	H3	Default Action			Proposed Task
							S1	S2	S3				
							O1	O2	O3				
F	FF	F M	H	S	E	O	N1	N2	N3	H 4	H5	S4	

1	A	1	Y	N	N	Y	N	N	N	N	Y		Memodifikasi pisau (Redesign)
1	A	2	Y	N	N	Y	N	N	N	Y			Memeriksa kerusakan pada kiln (Failure Finding)

Tabel 4.9 RCM Decision Worksheet pada komponen slide bar

RCM Decision Worksheet													
Information Reference			Consequence Evaluation				H1	H2	H3	Default Action			Proposed Task
							S1	S2	S3				
							O1	O2	O3				
F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4	
1	A	1	Y	N	N	Y	N	N	N	N	Y		Menambahkan mekanisme pelumasan (Redesign)

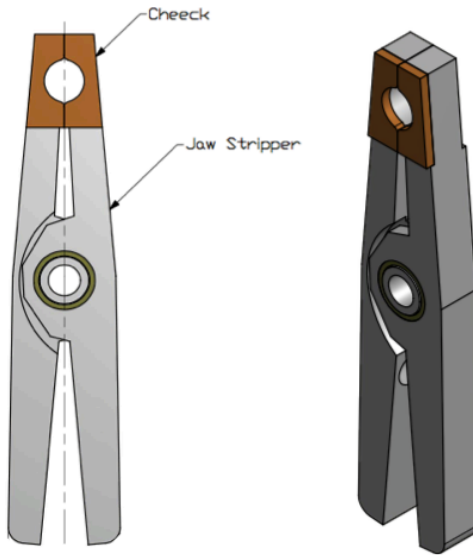
4.6 Rekomendasi

Rekomendasi tindakan yang dihasilkan dengan pendekatan *Reliability Centered Maintenance* (RCM) sebagai perencanaan tindakan terhadap masing-masing *failure mode* komponen dapat dilihat pada tabel 4.10

Tabel 4.10 Rekomendasi *Maintenance Task*

No	Kategori	<i>Failure Mode</i>
1	<i>Schedule on condition</i>	<i>Cheek stripper</i> aus
2	<i>Schedule restoration</i>	-
3	<i>Schedule discard</i>	-
4	<i>Failure finding</i>	<i>Kiln</i>
5	<i>Redesign</i>	<i>Slide bar</i> aus, mur <i>joiner block</i> aus, pisau aus
6	<i>No schedule maintenance</i>	<i>bushing stripper</i> aus, pegas <i>stripper</i> , <i>wedge bar stripper</i> aus, penekan <i>joiner block</i>

Pada tabel 4.10 didapatkan rekomendasi untuk beberapa komponen. Rekomendasi untuk komponen *stripper* yaitu dengan perawatan *scheduled on condition task*. Kegiatan perawatan tersebut yaitu dengan melakukan pengecekan kerusakan pada *cheek stripper* dengan melihat hasil *defect* pada kapsul. Apabila *defect* pada kapsul sudah melewati batas standar yang diperbolehkan perusahaan maka akan dilakukan pengecekan terhadap *cheek stripper*. Ketika terjadi kerusakan pada *cheek stripper* maka akan dilakukan penggantian keseluruhan *stripper* yaitu 60 buah *stripper* yang terdiri atas 30 *stripper* pada bagian kapsul *cap* dan 30 *stripper* pada bagian kapsul *body*. Hal ini dilakukan atas pertimbangan analisis biaya dengan melihat banyaknya *downtime* mesin akibat *stripper*. Perawatan yang dilakukan sebelumnya oleh perusahaan yaitu *no scheduled maintenance* yaitu dilakukan penggantian *cheek stripper* ketika sudah mengalami kerusakan dan apabila terjadi kerusakan maka penggantian komponen hanya dilakukan pada komponen yang rusak sehingga tidak dapat diketahui umur dari komponen tersebut.



Gambar 4.11 *Stripper*

Pada gambar 4.11 merupakan komponen *stripper* yang terbuat dari material SS 304 dimana kerusakan yang sering terjadi pada bagian *cheek stripper* yang terbuat dari material perunggu. Kegiatan perawatan yang sudah dilakukan perusahaan menimbulkan *downtime* mesin selama 387 menit dengan penggantian 40 *cheek stripper* dalam periode 6 bulan. Kerugian bersih yang dialami akibat *downtime* mesin dan penggantian *cheek stripper* yaitu sekitar Rp. 7.405.000. Analisis biaya apabila dilakukan kegiatan perawatan pada *stripper* dengan *scheduled discard task* dengan mengikuti jadwal perawatan *hard capsule machine* setiap 6 bulan yaitu sebagai berikut:

- harga jual kapsul Rp. 75,-/biji
- keuntungan bersih kapsul Rp.20,-/biji

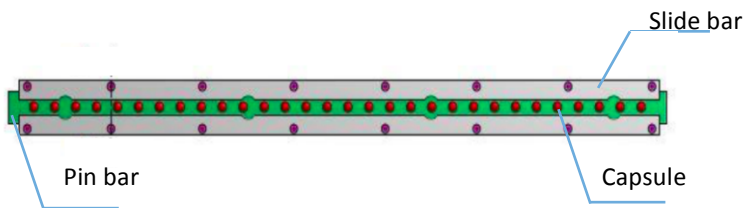
- produksi kapsul 750 biji/menit
- 1. Biaya pemasangan (*downtime* mesin)
 - = 35 menit x 750 kapsul/menit x Rp.20,-/kapsul
 - = Rp. 525.000,-
- 2. Biaya komponen
 - = 60 *cheek* x Rp. 40.000/*cheek*
 - = Rp. 2.400.000,-

Dengan analisis biaya diatas dapat dilihat bahwa total biaya yang dikeluarkan apabila dilakukan penggantian keseluruhan *cheek stripper* setiap 6 bulan yaitu sebesar Rp. 2.925.000,00. Maka dari itu diberikan rekomendasi untuk melakukan kegiatan perawatan dengan *scheduled on condition task* dan pergantian pada seluruh *cheek stripper* ketika ditemukan terjadinya kerusakan.

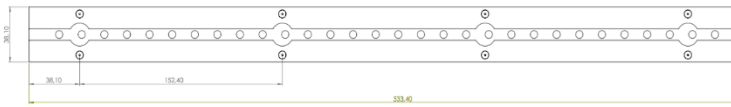
4.7 Rekomendasi *Redesign*

4.7.1 *Slide bar*

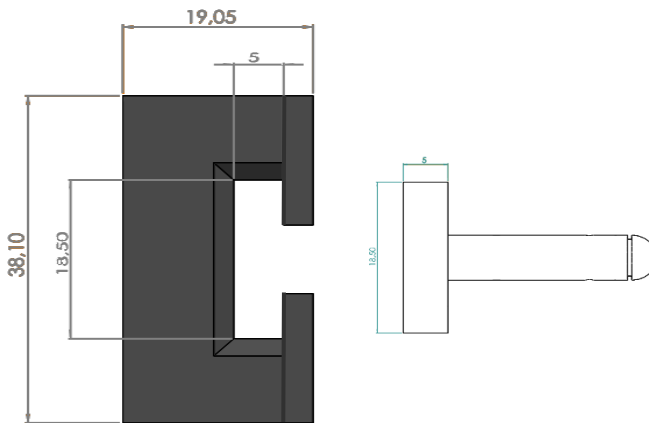
Slide bar merupakan salah satu bagian terpenting pada subsistem *automatic block*. *Slide bar* berguna sebagai jalur *pin bar* dan menjaga agar *pin bar* selalu tegak lurus dengan *stripper* ketika proses *stripping* atau pencabutan.



Gambar 4.12 *Slide Bar* dan *pin bar*



Gambar 4.13 Gambar teknik *Slide Bar*



Gambar 4.14 Tampak samping *slide bar* dan *pin bar*

Gambar 4.12 merupakan komponen *slide bar* yang dilalui oleh *pin bar* dan membawa kapsul untuk kemudian masuk pada proses berikutnya dengan ukuran yang dapat dilihat pada gambar 4.13, sedangkan pada gambar 4.14 merupakan ukuran dari *slide bar* sebelum mengalami aus. Proses pertama yang dilakukan pada *automatic block subsystem* adalah *stripping* yaitu proses pencabutan kapsul dari *pin bar* oleh *stripper*. Dalam proses *stripping*, *slide bar* sangat penting dalam menjaga *pin bar* agar tegak lurus dengan *stripper* sehingga proses *stripping* atau pencabutan kapsul berjalan dengan baik. Namun yang terjadi *slide bar* sering mengalami keausan akibat gesekan dengan *pin bar*. Keausan pada *pin bar* menyebabkan posisi *pin bar* tidak

tegak lurus dengan *stripper* dan proses pencabutan tidak berjalan baik. Hal ini akan menyebabkan *defect* pada kapsul dan apabila tingkat keausan tinggi maka akan mengakibatkan *jammed pin bar* dengan *stripper*.

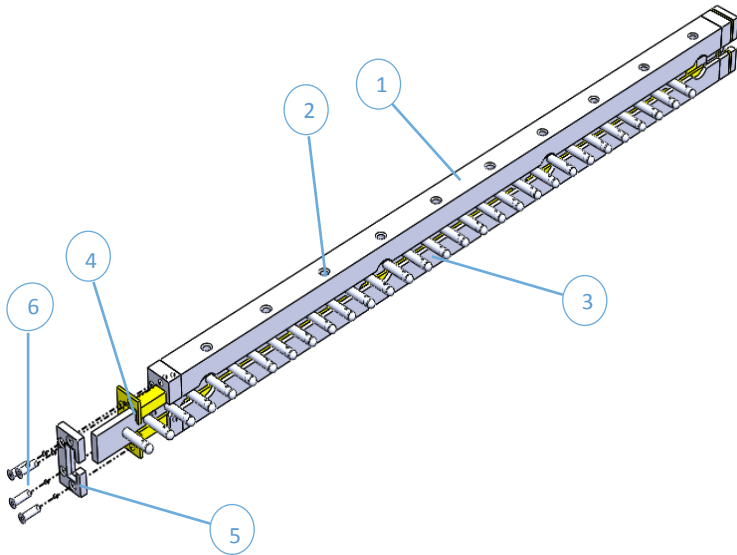


Gambar 4.15 Keausan pada *slide bar*

Pada gambar 4.15 terlihat bahwa *slide bar* mengalami aus sehingga menyebabkan kapsul tidak tegak dan mengganggu proses pencabutan. Keausan yang terjadi di komponen *slide bar* pada *automatic block subsystem* termasuk pada *hidden failure consequences* karena keausan *slide bar* tidak dapat langsung diketahui oleh operator dalam kondisi normal. Keausan *slide bar* dapat menimbulkan *multiple failure* yaitu kapsul dapat sobek ataupun berlubang. Apabila tingkat keausan sudah cukup tinggi dapat mengakibatkan *jammed pin bar* dengan *stripper* dan juga menimbulkan keausan pada *cheek stripper* sehingga pada proses pencabutan tidak berjalan sempurna. Keausan pada *pin bar* disebabkan juga karena tidak ada pelumasan didalamnya sehingga

gesekan antar komponen tersebut menyebabkan keausan. Perawatan pada *slide bar* tidak dapat menggunakan *predictive maintenance* karena letak *slide bar* yang berada di dalam mesin sehingga tanda-tanda keausan sulit dilihat oleh operator. Perawatan *slide bar* juga tidak dapat menggunakan *preventive maintenance* karena keausan *slide bar* tersebut tidak dapat di prediksi sehingga sulit untuk menentukan *failure pattern* dari *slide bar*. Lalu apabila *slide bar* tersebut dibiarkan terjadi kegagalan atau dilakukan *no scheduled maintenance*, maka waktu yang dibutuhkan untuk mengganti part dari *slide bar* yang aus yaitu sekitar 29 menit. Hal ini akan menyebabkan mesin berhenti produksi dan mengakibatkan kerugian yang besar bagi perusahaan. Oleh karena itu akan dilakukan evaluasi kembali untuk komponen *slide bar*.

Material yang digunakan pada *slide bar* yaitu baja S45C dengan material *pin bar* yaitu SS 304 oleh sebab itu material *slide bar* akan cepat mengalami aus daripada material *pin bar*. Selain itu tanpa adanya pelumasan material *slide bar* dapat mengalami korosi dan menyebabkan keausan pada *slide bar*. Maka dari itu berdasarkan permasalahan yang telah diuraikan maka perlu adanya penambahan mekanisme pelumasan untuk *pin bar* agar ketika *pin bar* masuk ke dalam *slide bar*, *pin bar* tersebut sudah terlumasi dengan baik oleh pelumas dan mengurangi keausan. Gambar 4.16 merupakan gambar komponen tambahan yang di desain untuk membantu pelumasan pin bar yang akan diletakkan pada sisi sebelum *slide bar* pada *automatic block*.

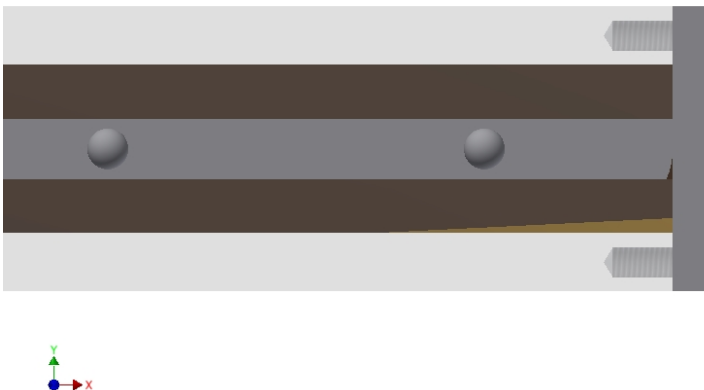


Gambar 4.16 Desain mekanisme pelumasan pada *pin bar*

Keterangan :

1. *Slide bar*
2. *Lubrication inlet*
3. *Pin bar*
4. *Felt (busa)*
5. *Moulding bracket luar*
6. *Bolt*

Pada gambar 4.17 merupakan mekanisme pelumasan *pin bar* di *design* dengan menggunakan *slide bar* pejal yang di dalamnya di modifikasi dengan menambahkan *felt* (busa) sebagai sarana pelumasan. Busa memiliki ketebalan 2 mm yang kemudian akan diberi larutan lestisin. Pemberian larutan lestisin harus tepat tidak boleh terlalu banyak karena akan menimbulkan kotor pada pin bar dan bahkan dapat mengenai kapsul. Oleh karena itu pemberian lestisin dilakukan dengan meinjeksikan di bagian lubang atas pada *slide bar* yang kemudian akan diserap oleh busa. Pemberian lestisin dilakukan tiap pergantian dua *shift* yaitu setiap 16 jam dengan larutan pelumas sekitar 50 ml. Pada ujung busa dijepit dan dibaut dengan plat *moulding bracket* luar yang berguna untuk menjepit busa agar tidak bergerak ketika pin bar masuk seperti pada gambar 4.18.



Gambar 4.19 Desain *guider* pada mekanisme pelumasan

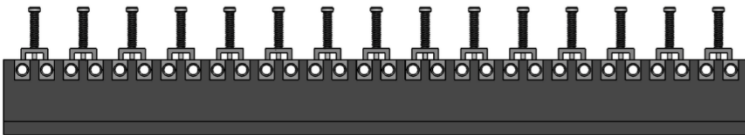
Pada gambar 4.19 merupakan *guider* yang dipasang pada mekanisme pelumasan agar mengarahkan *pin bar* keluar dari *slide bar* dan tidak terjadi benturan pada *pin bar*.

Guider terletak pada bagian ujung sisi tempat keluarnya *pin bar*. Busa yang ada pada sisi letak *guider* akan sedikit lebih tipis untuk memberi tempat pada *guider* tersebut. Sedangkan pada *pin bar* akan di modifikasi dengan membuat radius pada ujung-ujung sisinya. Hal tersebut dilakukan agar mengurangi keausan yang terjadi pada sisi ujung *slide bar* maupun *pin bar* akibat benturan dan juga mempermudah masuknya *pin bar* menuju *slide bar*.

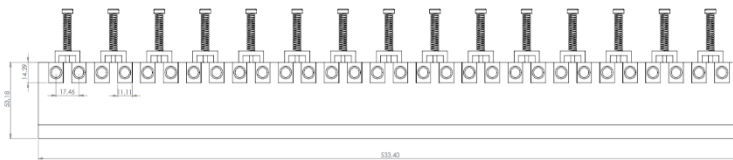
Mekanisme pelumasan ini dapat membantu mengurangi keausan pada *slide bar* dan *pin bar* sehingga *downtime hard capsule machine* dapat berkurang. Selain itu juga membantu mengurangi *downtime* mesin akibat keausan pada *cheek stripper* yang disebabkan oleh *slide bar* yang aus. Sehingga produksi kapsul dapat berjalan dengan baik.

4.7.2 Mur Pada *Joiner block*

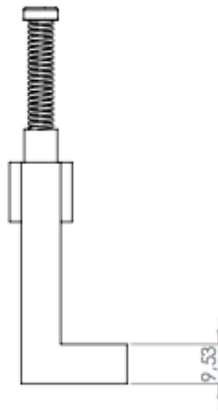
Joiner block merupakan salah satu komponen yang membantu proses penggabungan kapsul antara *cap* dan *body* pada *automatic block subsystem*. *Joiner block* ini berguna untuk menjaga agar masing-masing *collet cap* dan *body* kapsul tepat berada di tengah dan penggabungan kapsul berjalan baik.



Gambar 4.20 *Joiner bar*



Gambar 4.21 Gambar teknik *joiner bar*



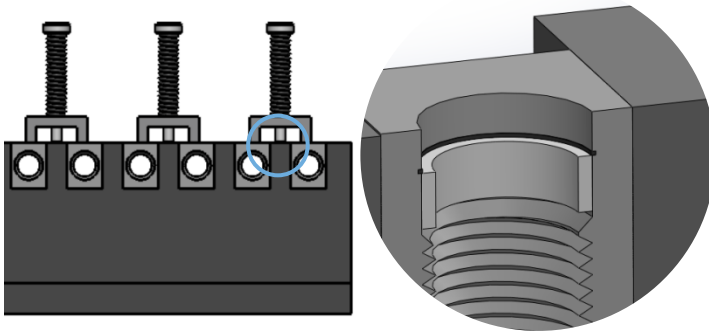
Gambar 4.22 Tampak samping *joiner bar*

Pada gambar 4.20 merupakan *joiner bar* dengan *block-block* didalamnya yang berguna agar penggabungan kapsul *cap* dan *body* tepat berada di tengah. Ukuran pada *joiner block* dapat dilihat pada gambar 4.21 yang mana merupakan gambar teknik dari *joiner bar*. Kemudian pada gambar 4.22 merupakan tampak samping dari susunan *joiner block* pada *joiner bar* itu sendiri. *Joiner block* tersebut ditaruh pada *joiner bar* kemudian diberi komponen penekan dan dikencangkan oleh mekanisme mur dan baut agar *joiner block* tersebut tidak bergeser. Namun yang terjadi pada *automatic block subsystem* ini yaitu seringnya terjadi

downtime akibat *joiner block*. Permasalahan yang terjadi yaitu *joiner block* mengalami pergeseran akibat getaran pada mesin. Dengan berjalannya waktu, getaran pada mesin mengakibatkan mur mengalami aus sehingga mekanisme mur dan baut menjadi kendor dan tidak mampu mengencangkan penekan *joiner block*. Maka dari itu *joiner block* akan bergeser meskipun hanya dengan jarak yang sangat kecil namun hal tersebut menyebabkan terganggunya proses penggabungan. *Joiner block* yang bergeser akan menyebabkan *collet* menabrak *joiner block* dan menahan *collet* untuk melakukan proses penggabungan sehingga kapsul-kapsul tersebut tidak tergabung menjadi kapsul utuh. Selain itu dapat menyebabkan sobek pada kapsul karena *ejector rod* yang mendorong kapsul akan mengenai dinding *joiner block* apabila *joiner block* tidak tepat berada di tengah. Perawatan yang dilakukan oleh pihak Departemen Pemeliharaan PT. Kapsulindo Nusantara yaitu dengan *schedule on condition* dengan cara pengaturan ulang posisi block dan mengencangkan kembali baut pada *joiner block*. Hal ini dilakukan ketika operator melihat posisi *joiner block* yang kurang tepat berada ditengah. Kerusakan pada *joiner block* ini sendiri bukan termasuk *hidden failure* karena letak *joiner bar* berada diatas dan dapat dilihat langsung oleh operator. Namun ketika perbaikan dilakukan, operator harus mematikan mesin dan mulai memperbaiki kerusakan. Menurut data perbaikan *joiner block* dilakukan sebanyak 25 kali dengan waktu 315 menit selama 6 bulan. Kerugian bersih yang dialami akibat *downtime* mesin selama 315 menit yaitu sekitar Rp. 4.725.000,00. Material yang digunakan pada *joiner block* yaitu dengan *stainless steel* tipe SS 304.

Dari permasalahan yang telah dijabarkan, maka akan dilakukan penambahan komponen *nylon* untuk mengurangi keausan pada mur tersebut. Penambahan *nylon* dilakukan agar mekanisme mur dan baut lebih kuat dan dapat menahan keausan pada mur sehingga dapat mengencangkan penahan pada *joiner block* lebih baik. Berikut adalah gambar komponen *nylon* yang ditambahkan

di dalam mur pada *joiner block* dan mur pada *joiner bar* yang akan di tunjukan pada gambar 4.23



DETAIL –Scale 2:0.6

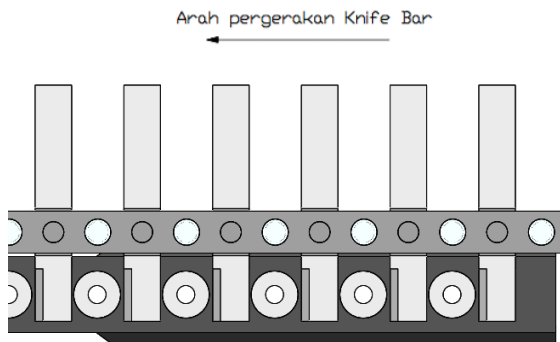
Gambar 4.23 Desain penambahan *nylon* pada mur *joiner block*

Pada gambar 4.23 merupakan desain baru mekanisme mur dan baut dengan dilakukan penambahan komponen *nylon* pada mur *joiner block* dan *joiner bar* yang diharapkan dapat menahan baut dan mur agar tidak mudah longgar sehingga dapat meminimalisir pergeseran pada *joiner block*. Kemudian pada bagian atas *nylon* akan ditahan oleh *snap ring* untuk menahan *nylon* agar tidak mudah keluar. Dengan solusi tersebut akan dapat mengurangi pergeseran yang terjadi pada *joiner block* sehingga *downtime* pada *hard capsule machine* dapat berkurang dan produksi kapsul berjalan lebih baik.

4.7.3 Cutter (pisau)

Pisau atau cutter digunakan sebagai media pemotong kapsul yang terbuat dari material HSS (*high speed steel*). Kapsul yang telah kering akan dipotong dengan menggunakan pisau dengan bantuan *cutting bar*. Pada *cutting bar* memiliki 30 buah pisau untuk memotong kapsul pada satu *pin bar* yang terdiri dari

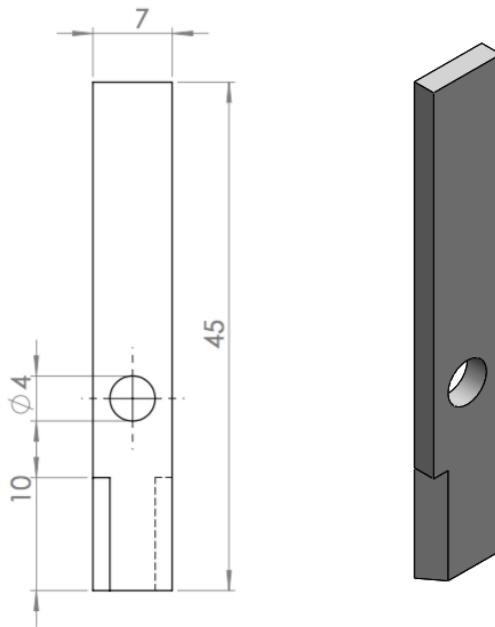
30 kapsul. Kapsul di potong berdasarkan permintaan dengan standar perusahaan yang sudah ditentukan. Kapsul terdiri dari dua bagian yaitu *cap* dan *body*. Masing-masing memiliki panjang yang berbeda. Kapsul pada bagian *cap* dipotong hingga memiliki panjang 11,5 mm – 12,5 mm sedangkan pada bagian *body* dipotong hingga memiliki panjang 19,5 mm – 20,50 mm. Pisau ini sendiri memiliki peranan yang sangat penting untuk proses pembuatan kapsul khususnya pada proses pemotongan. Apabila pisau yang digunakan sudah mengalami aus atau terjadi kerusakan pada pisau, maka akan berdampak pada hasil dari produksi kapsul. Kapsul akan tidak terpotong dengan sempurna sehingga akan mengakibatkan *defect* dari kapsul. Banyaknya *defect* dari kapsul itu sendiri dapat mengakibatkan kerugian bagi perusahaan. Oleh karena itu kegiatan perawatan yang dilakukan oleh perusahaan selama ini yaitu *preventive maintenance* dengan *scheduled discard task* yaitu penggantian pisau setiap 1 minggu sekali untuk mengantisipasi keausan pada pisau.



Gambar 4.24 Potongan *cutting bar*

Gambar 4.24 merupakan susunan pisau yang berada pada *cutting bar* yang berjumlah 30 pisau. Pergerakan pemotongan pisau ke arah kanan untuk kapsul *body* dan ke kiri untuk kapsul

cap. Material pisau yang digunakan yaitu HSS atau *high speed steel* yang dirasa cukup baik untuk proses pemotongan kapsul. Namun dalam mencegah terjadinya keausan, kegiatan penggantian pisau membutuhkan waktu yang cukup banyak. Dalam rentang waktu 6 bulan penggantian pisau dilakukan sebanyak 27 kali dengan waktu 495 menit. Kerugian yang diakibatkan karena *downtime* mesin tersebut sekitar Rp. 7.425.000,- Maka dari itu pisau akan di desain ulang agar dapat membantu operator dalam mempercepat proses penggantian pisau.



Gambar 4.25 Desain pisau (*cutter*) baru

Pada gambar 4.25 merupakan desain baru dari pisau yang dirancang memiliki 2 sisi potong sekaligus. Hal ini dilakukan agar penggantian pisau dapat lebih cepat dengan hanya memutar

cutting bar. Ketika satu sisi sudah memasuki jadwal waktu penggantian, operator memutar *cutting bar* dan menggunakan sisi lainnya yang masih tajam. Sehingga kegiatan penggantian dapat berjalan lebih cepat dan dengan begitu dapat menurunkan waktu *downtime* mesin. Selain itu juga perusahaan dapat menghemat pemakaian material untuk komponen pisau.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengumpulan dan pengolahan data yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari analisa kegagalan yang telah dilakukan dapat diketahui bahwa penyebab terjadinya *defect* pada kapsul dipengaruhi oleh beberapa komponen yaitu *slide bar*, *stripper*, *cutter*, dan *joiner block*.
2. Dari analisa dengan menggunakan *fault tree analysis* didapatkan bahwa kerusakan pada komponen *stripper* di akibatkan karena keausan pada *slide bar*. Keausan pada *slide bar* terjadi akibat tidak adanya proses pelumasan.
3. Didapatkan maintenance task melalui analisis RCM decision worksheet untuk masing-masing komponen. Dari 9 failure mode di dapatkan 4 kategori perawatan yaitu:
 - 1 *failure mode* dengan menggunakan *scheduled on condition task* yaitu tindakan yang diambil dengan melakukan kegiatan pengecekan terhadap kerusakan yang terjadi pada komponen *cheek stripper* dengan melihat pada hasil *defect* pada kapsul. Apabila *defect* pada kapsul telah melebihi batas yang diperbolehkan maka akan dilakukan pengecekan pada *cheek stripper*. Ketika ditemukan kerusakan pada *cheek stripper*, maka harus dilakukan penggantian keseluruhan dari *cheek stripper* tersebut agar tidak

sering terjadi *downtime* mesin dan dapat mengetahui umur dari komponen tersebut.

- 1 *failure mode* dengan metode *failure finding* yaitu tindakan yang diambil dengan melakukan pengecekan saat sistem tersebut sudah gagal berfungsi. Aktivitas perawatan dilakukan agar tidak meningkatkan resiko. *Failure finding* dilakukan pada *kiln*.
- 3 *failure mode* dengan metode *redesign* yaitu memodifikasi pada komponen *slide bar* dan pisau potong, serta penambahan komponen *nylon* pada mur *joiner block*. Hal tersebut dilakukan agar dapat mengurangi waktu *downtime* mesin dengan biaya kerugian yang dirasa cukup tinggi. Sehingga produksi kapsul dapat meningkat.
- 4 *failure mode* dengan metode *no scheduled maintenance* atau *run to failure*. Tindakan yang diambil dengan mengganti komponen tersebut ketika komponen sudah mengalami kegagalan dengan pertimbangan tingkat kerusakan komponen yang relatif kecil dan tidak dapat diperkirakan waktu kerusakannya. Selain itu juga harga komponen yang relatif murah dan tidak membahayakan operator apabila kegagalan pada komponen terjadi.

5.2 Saran

1. Sistem perawatan yang dilakukan oleh perusahaan belum menggunakan teori perawatan RCM untuk mencegah kegagalan yang terjadi sehingga sulit untuk mendefinisikan kerusakan yang terjadi pada *hard capsule machine*. Oleh karena itu sebaiknya digunakan sistem perawatan yang baik agar dapat dengan mudah

mendefinisikan dan mencegah kegagalan yang akan terjadi.

2. PT. Kapsulindo Nusantara diharapkan mendata dan menyimpan secara lengkap seluruh data kerusakan berdasarkan akar dari kerusakannya di tiap komponen. Kemudian diberikan pengkodean yang jelas berdasarkan kerusakan komponennya.
3. Dilakukan perbaikan sistem mengenai data *history* waktu perbaikan dan penggantian komponen sehingga dapat mempermudah dalam menentukan umur komponen.
4. Diperlukan penjadwalan pengecekan secara berkala terhadap setiap kegiatan perawatan serta penggantian pada setiap komponen. Penggantian komponen yang sering terjadi kerusakan diharapkan dapat dilakukan secara keseluruhan agar dapat menurunkan *downtime*.
5. Digunakan material untuk komponen *slide bar* dengan material standart baik seperti FCN 150, S45C, atau FCL 140 karena lebih kuat dan tidak mudah korosi. Dilakukan juga pengkajian material pada komponen-komponen yang memiliki tingkat keausan tinggi.
6. Dilakukan pelumasan terhadap komponen dengan material yang mudah mengalami korosi sehingga dapat mengurangi tingkat keausan.

(halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Izdan, Hard Capsule Machine R&J Engineering, Bogor: Kapsulindo Nusantara, 2008.
- [2] Dzaki, Abyan. 2016. “Penerapan Metode RCM pada Perawatan Hard Capsule Machine A di PT. Kapsulindo Nusantara.” Tugas Akhir Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- [3] Mariam Melina, Panduan Produksi Kapsul, Bogor: Kapsulindo Nusantara, 1998.
- [4] F.A. Susanto, Implementasi Teknik Keandalan untuk Mengoptimalkan Interval Perawatan dan Jadwal Penggantian Komponen Kritis Mesin Panel Welding, Surabaya, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2012.
- [5] Kholid, Ahmad., Djunaidi, Much., Fauzan, Amin. “Perencanaan Pemeliharaan Mesin Ballmill dengan Basis RCM (Reliability Centered Maintenance)”. Teknik Industri, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- [6] R. M. Barai., A.D. Kadam., A.V. Harde and P.S Barve. 2012.

“ReliabilityCentered Maintenance Methodology for Goliath Crane of Transmission Tower,” *IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE)*, vol. 3, no. 1, pp. 20-27.

- [7] Moubray, John. 1997. *Reliability Centered Maintenance*. 2nd Edition. New York: Industrial Press Inc.
- [8] NASA .2000. *Reliability Centered Maintenance Guide for Facilities and Collateral Komponen*.
- [9] Trisya Wulandari. 2011. *Analisa Kegagalan Sistem dengan Fault Tree*. Depok: Tugas Akhir Universitas Indonesia.

LAMPIRAN



Gambar 1 *Slide bar* aus



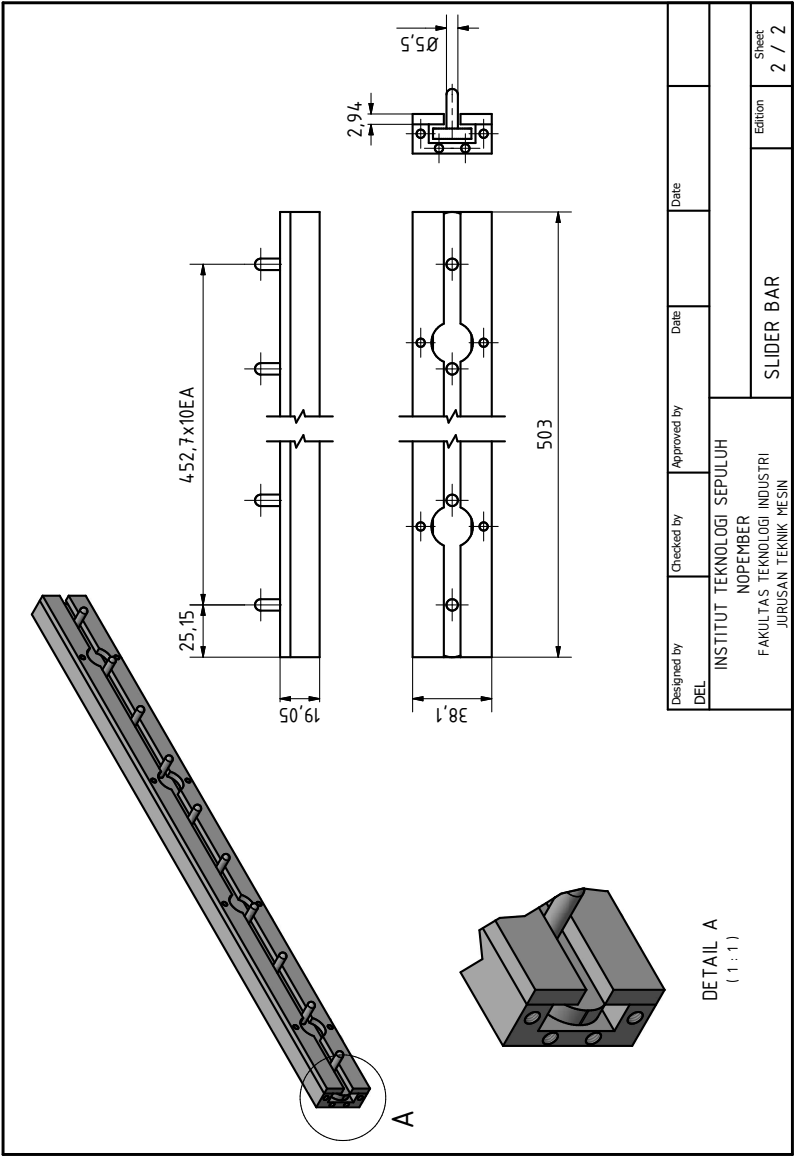
Gambar 2 Plat atas *slide bar* aus

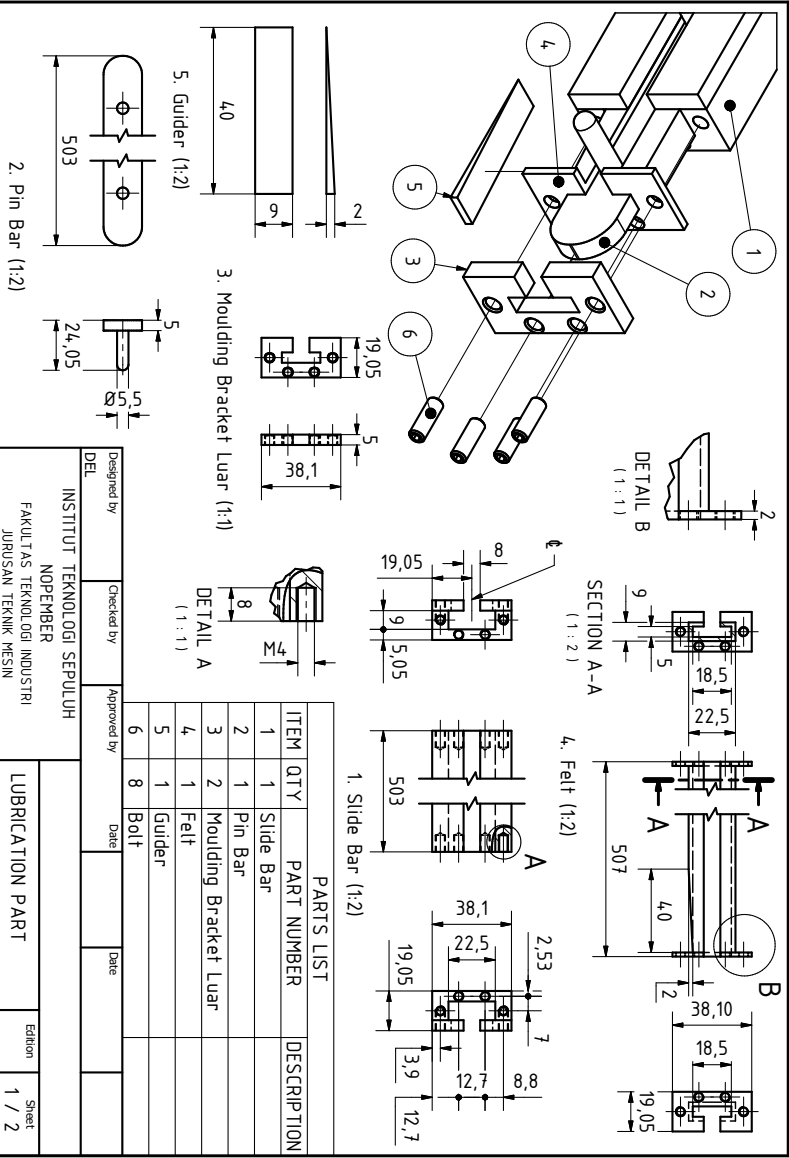


Gambar 3 *Cheek stripper* aus



Gambar 4 *Stripper bar* dan *wedge bar*





TENTANG PENULIS



Delia Listiana Dewi – lahir pada tanggal 16 April 1995 di Blitar. Merupakan anak kedua dari pasangan Ir. Suryaji dan Haniatur Raichannah. Penulis memulai pendidikan dari bangku taman kanak-kanak di TK Hang Tuah 10 Juanda Sidoarjo, lalu melanjutkan di SD Hang Tuah 10 Juanda Sidoarjo, kemudian di SMP Negeri 35 Surabaya dan kemudian melanjutkan ke SMA Negeri 16 Surabaya. Setelah lulus dari bangku sekolah menengah atas, penulis melanjutkan pendidikan sarjana di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya dengan mengambil jurusan Teknik Mesin.

Penulis mengambil bidang studi rekayasa system industry dengan Tugas Akhir spesifik tentang *reliability centered maintenance*. Semasa perkuliahan, penulis aktif dalam berbagai kegiatan seperti organisasi dan kepanitiaan kegiatan kemahasiswaan. Organisasi kemahasiswaan yang pernah diikuti oleh penulis adalah Mesin Music Club sebagai staf divisi eksternal (2014-2015) dan kemudian dilanjutkan sebagai Kepala Biro Kewirausahaan (2015-2016). Beberapa kegiatan kepanitiaan yang pernah diikuti oleh penulis antara lain IEMC, *Mechanical City*, *Mechanical Competition*, dan *Engine Brake*. Selain itu penulis juga ikut serta dalam berbagai kegiatan kepanitiaan di luar jurusan antara lain *Rektor Cup*, *ITS Basketball League*, dan lain-lain. Penulis dapat dihubungi melalui email berikut: **delialistianadewi@gmail.com**